CAMILLO BELGRANO
GLI ESPLOSIVI
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO A QUELLI DA MINA, ALLE MICCE E AGLI INNESCANTI - POLVERI, CAPSULE E CARTUCCE DA CACCIA - FORMULE, IMPIEGO E PERICOLI DEGLI ESPLOSIVI - CENNI SULLA PIROTECNICA

Dr. CAMILLO BELGRANO

GLI ESPLOSIVI

CON PARTICOLARE RIFERIMENTO A QUELLI DA MINA, ALLE MICCE E AGLI INNESCANTI. POLVERI, CAPSULE E CARTUCCE DA CACCIA. FORMULE, IMPIEGO E PERICOLI DEGLI ESPLOSIVI, CENNI SULLA PIROTECNIA

CON OLTRE DUECENTO ILLUSTRAZIONI

2ª EDIZIONE

Arti Grafiche Friulane - Udine - 1974

L'autore è nato a Voghera attorno al 1915 e nel 1938 si è laureato all'Università di Genova in Chimica e Farmacia. Assunto nel 1939 dalla Montecatini, fu inviato presso la Società Generale Esplosivi e Munizioni di Orbetello dove cominciò ad occuparsi della fabbricazione e dello studio degli esplosivi da mina con e senza nitroglicerina, esplosivi primari, detonatori, capsule, compresse per spolette, ecc. Nel 1943 passò alla fabbrica di cartucce da caccia e munizioni « Léon Beaux » di Baranzate di Bollate come Vice Direttore. Nel 1947 fu assunto dalla « Vulcania S.p.A. » di Brescia quale Direttore e per 16 anni seguì la fabbricazione degli esplosivi da mina, delle polveri da caccia, le analisi chimiche, il caricamento e lo scaricamento di bombe, mine e spolette e la confezione di illuminanti, bengala ed artifizi vari. Nel 1952 scrisse la prima edizione, ora esaurita, del libro « Gli esplosivi » pubblicata dall'Editore Hoepli di Milano che fu molto ben accolta ed apprezzata sia in Italia che all'estero dai fabbricanti, dai consumatori e da tutti coloro che si interessano di esplosivi. Nel 1963 passò alla S.I.P.E. quale Direttore dello Stabilimento di polvere nera e razzi antigrandine di Gallicano (Lucca). Dal 1965 è Direttore dello Stabilimento di esplosivi da mina e di miccia detonante « Mangiarotti S.p.A. » di Codroipo.

Nel 1974 l'opera veniva ripresentata in una seconda edizione ampliata e pubblicata dalle Arti Grafiche Friulane di Udine, fallita nel 2006.

L'opera viene ora riproposta in versione anastatica digitale. Sono stati corretti gli errori di stampa che nell'originale erano elencati in una apposita pagina. La numerazione delle pagine del filePDF corrisponde alla numerazione originale

PREFAZIONE ALLA SECONDA EDIZIONE

Visto il buon successo della prima edizione del mio libro « Gli Esplosivi » edito nel 1952 dall'Editore Hoepli di Milano, e numerose attestazioni di simpatia sia scritte che orali dall'Italia e dall'estero e valendomi dell'esperienza acquistata in altri venti anni di contatto con esplosivi di tutti i generi e con le mine, e considerando l'importanza che hanno le mine in urgenti e svariatissimi lavori per cave e miniere, per strade e gallerie, per la rimozione di ostacoli, per demolire muri e travature, per fabbricare e ingrandire porti, per la messa in opera di oleodotti, per le ricerche geofisiche, ecc., ho creduto opportuno compilare questa seconda edizione. Essa è quasi interamente rifatta e quindi notevolmente arricchita con una breve storia sugli esplosivi, con la descrizione degli esplosivi più moderni sia civili che militari e loro usi. Inoltre ho aggiunto un breve capitolo sulla pirotecnia.

L'indice analitico è stato compilato in modo che il lettore, in pochissimo tempo, possa trovare tutto ciò che riguarda l'argomento che lo interessa; inoltre ho cercato di rendere accessibile, almeno nella parte sostanziale, gli argomenti anche a persone dotate di coltura modesta e non qualificate.

Sono state aggiunte molte fotografie, disegni, tabelle e una cospicua quantità di formule di esplosivi da mina italiani ed esteri con e senza nitroglicerina, esplosivi bellici, miscele primarie e capsule da caccia, da guerra, per giocattoli e per pirotecnici.

La parte riguardante l'uso degli esplosivi da mina è stata ampliata e approfondita citando nuove tecniche e nuovi esplosivi, il che spero possa essere di molto giovamento sia ai fabbricanti che ai consumatori, tenendo presente anche molte norme di sicurezza per il bene sia dei datori di lavoro che dei lavoratori.

La parte attinente alla caccia è stata notevolmente accresciuta in modo che il cacciatore possa imparare tante cose utili.

Concludendo, questa seconda edizione si può suddividere nelle seguenti parti principali:

a) che cosa è il fenomeno dell'esplosione con tutti i calcoli e le tabelle ad essa attinenti, le prove fisiche, chimiche, balistiche da eseguirsi sia sugli esplosivi da mina che da guerra;

b) descrizione dei principali esplosivi italiani ed esteri da mina e da guerra, loro analisi chimiche, usi e pericoli;

c) tabelle e formule di esplosivi da mina di tutti i generi;

d) esplosivi primari e innescanti anche moderni, loro miscele e usi bellici con particolare riferimento ai detonatori normali ed elettrici, alla capsule da caccia e da guerra;

e) micce ed artifici ad accensione per mine con tutte le norme di impiego e di conservazione, calcoli più importanti, disposizioni delle cariche, categorie degli esplosivi e principali leggi di P.S. riguardanti gli esplosivi in genere;

f) polveri e cartucce da caccia con formule, tabelle, dosi delle principali polveri, prove, ecc.

g) pirotecnia con alcune formule di fuochi, artifizi vari e norme di sicurezza.

Mi sono stati di grande aiuto in questa fatica, abbinate alla mia lunga pratica nel campo esplosivistico alle ricerche di esplosivi sempre migliori e convenienti, libri e riviste citate nella bibliografia in fondo al libro.

Insomma spero di aver fatto un buon lavoro e di aver accontentato studiosi, fabbricanti e consumatori di esplosivi e di micce, fabbricanti di cartucce e capsule da caccia, cacciatori e pirotecnici dilettanti e, perchè no, di poter contribuire ad eliminare parte delle disgrazie che possono accadere a coloro che maneggiano gli esplosivi.

Se con questo lavoro sarò riuscito nel mio intento, la mia fatica avrà raggiunto il suo scopo, se invece non vi sarò riuscito, pazienza!

L'autore

Codroipo, dicembre 1973.

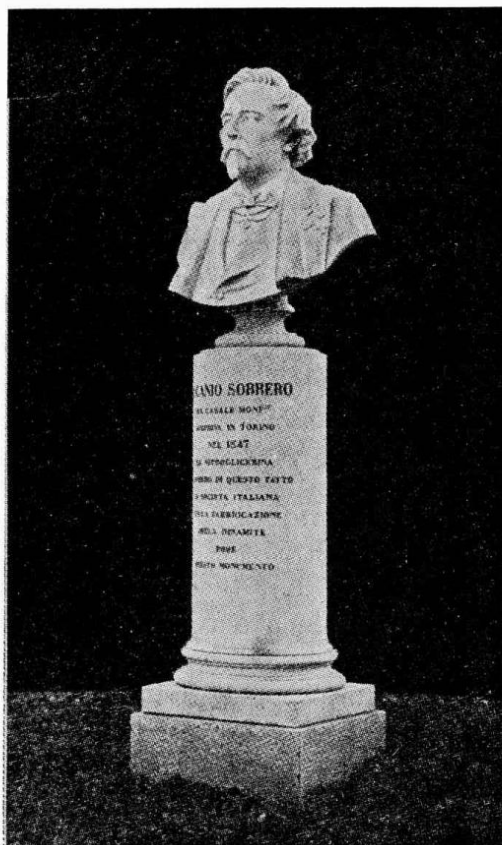
BREVI CENNI STORICI SUGLI ESPLOSIVI

L'impiego degli esplosivi risale a tempi remotissimi. Le prime notizie su miscugli di salnitro e carbone si hanno dagli Arabi nell'VIII sec., però l'uso della polvere nera che è il capostipite degli esplosivi, pare cominci addirittura nel 1232 a. C. ad opera dei Cinesi che, a loro volta, la fecero conoscere agli Arabi. Infatti, di tale miscuglio, ne parla una cronaca relativa all'assedio di Kai-Fung-FU, nella quale si dice che i Cinesi si difendevano dai Mongoli lanciando su questi delle frecce dal « fuoco alato ». Secondo le ultime ricerche fatte da von Ramoki, gli scopritori della polvere nera furono proprio i Cinesi, i quali avrebbero sostituito casualmente il nitrato di potassio al sale comune o cloruro di sodio impiegato a ravvivare la fiamma, con una miscela incendiaria a base di solfo e carbone.

In Europa, l'introduzione della polvere nera si fa risalire al 1250. Ne è considerato inventore Ruggero Bacone con un monaco di Friburgo, Bernardo Schwartz, vissuto nella prima metà del XIV sec. In realtà però sembra che la polvere nera non sia frutto di una vera invenzione, ma di una serie di esperienze tendenti a modificare le caratteristiche del così detto « fuoco greco », miscela incendiaria formata da nitrato e resina adoperata sin dal VII sec. dai Bizantini. Se ne trova cenno in un trattato « De mirabili mundi » di Alberto Magno nell'opera « Liber ignium » di Marco Greco e, infine, in una pubblicazione di un ingegnere militare italiano, Giovanni da Fontana, vissuto nel 1400. Infatti fu usata nel 1311 da Arrigo di Germania contro Brescia, nel 1339 nell'assedio di Cambrai, nel 1346 nella battaglia di Crecy, ecc.

Fu solo però alla fine del 1500 che si cominciò ad adoperare la polvere nera come esplosivo da mina, poichè dal XIV sec. e per parecchio tempo dopo, si continuò ad adoperarla solo come propellente per armi da fuoco; in seguito però si vide che la pressione da essa sviluppata in uno spazio chiuso, poteva produrre effetti di rottura. Fu così adoperata nei lavori della Galleria di Malpas nella Linguadoca nel 1597 e successivamente in Italia sulla strada del Gottardo nel 1707, sulla Via

Mala dello Spluga nel 1738, sulla strada del Sempione nel 1801, nel traforo del Cenisio dal 1855 al 1870, nel traforo del Gottardo dal 1872 al 1880 e infine in quello del Sempione tra il 1896 e il 1906, mentre negli Stati Uniti nel 1870 si fecero saltare le rocce sottomarine nei porti di New York e S. Francisco e nel 1855 con una sola mina che spostò 2.000.000 di mc. di materiale, lo scoglio di Flood a New York.

Nel 1788 Berthollet scoprì il clorato di potassio che cercò di sostituire, pur senza risultato, nella polvere nera, al nitrato di potassio.

Ascanio Sobrero

Tali prove erano state fatte insieme a Lavoisier, ma con risultati catastrofici, tanto che tale sale verrà adoperato soltanto nel sec. XIX ma non nella polvere nera.

L'uso della polvere nera si estese soltanto dopo il 1831, anno in cui Bickford inventò la miccia a lenta combustione per mine, che sostituiva le cannuccie di paglia fino allora usate e che venivano riempite di polvere nera. Nel 1830 Braconnet, Pelouze e Dumas studiarono l'azione

dell'acido nitrico sull'amido, sul legno e altre sostanze e ottennero prodotti molto infiammabili di cui non se ne previde l'impiego.

Soltanto qualche anno dopo e precisamente nel 1846-1847, cominciò il periodo più fecondo delle scoperte delle sostanze esplosive.

L.F. Schönbein, professore di fisica a Basilea, scoprì contemporaneamente a Böttger, il cotone fulminante, mentre a Torino Ascanio Sobrero professore in quella Università, nel 1846 scoprì la nitroglicerina, la cui fabbricaizone ritenne però troppo pericolosa. Malgrado questo, la si usò, in piccole dosi, come medicinale per la sua spiccata proprietà di provocare la dilatazione dei vasi sanguigni, tanto che gli Americani, col nome di « glonoina », la usarono in soluzione alcoolica all'1% per combattere nevralgie di cuore, disordini nervosi, singulto e mal di mare, altri le diedero il nome di « angioneurosina » e altri ancora di « Trinitrina ».

Ma lo svedese Alfredo Nobel, appena al corrente della scoperta della nitroglicerina, cercò di utilizzarla ancora liquida come esplosivo da mina. Le prime esperienze della sua utilizzazione furono sfortunatissime e provocarono la morte di molte persone, tra cui familiari dello stesso Nobel.

Vi fu anche un pò di fermento pubblico in seguito a diverse esplosioni avvenute in Svezia, in Germania, in Inghilterra, negli Stati Uniti e in Australia. Ma il caso volle che durante una spedizione di tale esplosivo che allora veniva effettuata in bottiglie di ferro avvolte in terra soffice e porosa dentro cassette di legno, una di queste si incrinasse, per cui il liquido andò a imbibire la terra da imballaggio. Il Nobel, informato, fatte alcune esperienze, scoprì che la nitroglicerina impastata con circa il 25% di farina fossile perdeva la sua sensibilità, pur conservando inalterate le sue proprietà e la sua potenza esplosiva. (Vedi copie di manoscritti di A. Nobel riprodotti in fondo al capitolo e la riproduzione di una copia di un libretto datato 1874 del 2 Regg. Genio Zappatori di Casale in cui sono esposte le prime prove sulla Dinamite alla Nitroglicerina trovato dall'autore sul solaio della casa paterna in Costa d'Oneglia).

Alcuni anni dopo e precisamente nel 1875, lo stesso Nobel, essendosi ferito ad un dito lo medicò con del collodio, ma non potendo dormire per il dolore, si alzò e, per ingannare il tempo, si recò nel suo laboratorio. Quivi casualmente, scoprì la gelatina esplosiva poichè sul banco trovò della nitrocellulosa colloidale con la quale cercò di medicarsi ricordandosi dell'insuccesso avuto col fulmicotone e quindi pensò di mescolarla alla nitroglicerina che aveva a portata di mano e si accorse che gelatinizzava. Infatti, trattando la nitroglicerina con cotone collodio, osservò che questo vi si scioglieva, formando una massa vischiosa e omogenea denominata poi « gelatina esplosiva ».

Nel 1888 lo stesso Nobel, trattando questi due componenti in opportune proporzioni e mediante apposite lavorazioni, scoprì la balistite che fu ed è, insieme alla nitrocellulosa, mescolanza di cotone nitrato

e acetone scoperta dal Vieille, allievo di Berthelot, l'esplosivo delle cariche di lancio che venne a sostituire, quasi integralmente, la polvere nera troppo pericolosa e troppo igroscopica.

A Nobel si deve un'altra applicazione di ordine pratico e precisamente l'uso della capsula con fulminato di mercurio scoperto fin dal 1799 da Howard per l'innesco delle grandi cariche di scoppio. Nel 1815 l'americano Hegg aveva inventato le capsule con fulminato per le armi da fuoco.

E' interessante notare che il Nobel, il quale pure avendo vissuto tanti anni tra un'infinità di pericoli e sempre con la morte sospesa sul capo a guisa di spada di Damocle, sia morto di morte naturale a S. Remo nel 1896 a 63 anni. In punto di morte, quasi pentendosi della scoperta che aveva fatto e, sgomentato per le conseguenze che ne sarebbero derivate in caso di guerra, pensò di offrire la sua immensa fortuna ad opere di beneficenza e a quella memorabile fondazione che porta ancora oggi il suo nome, e cioè il « Premio Nobel » che ogni anno viene assegnato in Svezia, attraverso le mani del Re, a cinque o più persone che si siano distinte per aver compiuto studi e fatto ricerche e scoperte nella fisica, chimica, medicina, o che si siano distinte in letteratura o che abbiano reso un forte contributo per il mantenimento della pace nel mondo o grandi servigi all'umanità.

Riprendendo la storia degli esplosivi, il numero degli esplosivi dirompenti aumentò notevolmente nella seconda metà del sec. XIX con l'introduzione dei nitroderivati aromatici. Il primo ad entrare in uso fu l'acido picrico scoperto fin dal 1771 da Woulfe e che Turpin cercò di utilizzare nelle così dette « panclastiti » che, dimenticate per lungo tempo, servirono poi per caricare bombe d'aeroplano. Si vide però che tale esplosivo aveva il grave difetto di reagire con molti metalli formando i così detti « picrati » che sono pericolosi perchè particolarmente sensibili.

Ben presto ci si accorse che il Tritolo non presentava tali pericoli e che le sue proprietà erano simili a quelle dell'acido picrico.

Quantunque tale esplosivo fosse stato scoperto fin dal 1863 da Wildebrand, la sua produzione industriale cominciò soltanto verso il 1900, quando si cominciò a fabbricare l'acido solforico fumante col metodo catalitico; infatti essendo il toluolo molto meno soggetto a reagire col fenolo, la sua trinitrazione richiede l'impiego di una miscela solfonitrica molto povera d'acqua.

Durante tale periodo, furono fatti studi particolareggiati sugli innescanti primari, tipo azotidrati e stifnati di piombo e di argento, i quali, in molti casi, sostituirono il pure sempre valido fulminato di mercurio scoperto, come abbiamo detto, fin dal 1799 da Edward Howard.

Inoltre, in questi ultimi anni, hanno assunto una importanza decisiva alcuni esplosivi, che, pure essendo stati scoperti alla fine del 1800, trovarono il loro impiego soltanto molto più tardi.

Tra questi sono da ricordare il Tetrile scoperto da Mertens fin dal

1877, la trimetilentrinitroammina o T_4 scoperta nel 1899 da Henning, la esanitrodifenilammina o Exil scoperta da Gnemm nel 1874, la Pentrite scoperta da Tollens e Wigand nel 1891, ed altri ancora di minore importanza e che quindi ritengo inutile elencare.
Dopo il 1879 Marcellino Berthelot in seguito ad accuratissimi studi sugli esplosivi, giunse ad una teoria completa del fenomeno esplosivo in base ai principi generali della termochimica tanto che qualcuno disse che « la scienza degli esplosivi fu fondata da Berthelot di immortale memoria » il che non è del tutto esatto in quanto molti esplosivi furono scoperti prima del 1870.

Da quanto sopra scritto, appare chiaro che mentre il sec. XIX è caratterizzato da una serie di scoperte di laboratorio molto interessanti e fondamentali nel campo degli esplosivi, il sec. XX è invece caratterizzato da progressi giganteschi nella tecnica e nell'industria dei composti inorganici e specialmente organici.

Occorre francamente riconoscere che solo questi progressi hanno reso possibile, su vastissima scala, l'impiego di sostanze, che, come sopra accennato, sarebbero forse state delle pure curiosità di laboratorio.

Infine nella seconda guerra mondiale hanno avuto un'importanza enorme i grandi proiettili a razzi, tipo V_1 e V_2, studiati da Werner von Braun, i quali forse, coi missili soppianteranno l'artiglieria a lunga gittata.

Inoltre gli enormi progressi della scienza, proprio sulla fine della guerra, hanno permesso l'utilizzazione dell'energia nucleare a scopo distruttivo, per cui è stata creata la bomba atomica e poi la bomba H, quest'ultima però non ancora fortunatamente adoperata a scopo bellico.

Con queste invenzioni, gli scienziati, tra i quali ha spiccato il nostro grande Enrico Fermi, cercano, nei limiti del possibile, di rendersi utili non solo in caso di guerra ma anche, e forse maggiormente, in pace, cercando di utilizzare queste enormi forze della natura per l'energia termica ed elettrica e per la medicina. Bisogna veramente augurarsi che tali scoperte, i cui effetti abbiamo purtroppo constatati in Giappone nel 1945 che per primo ebbe il battesimo del fuoco di tali terribili ordigni, non abbiano applicazione in altre guerre, ma solo in pace e non per distruggere o uccidere, ma per produrre energia per le nostre industrie e le nostre navi e per guarire le terribili malattie che attualmente, purtoppo, affliggono l'umanità.

E infine, dopo questa brevissima storia degli esplosivi, anche se tale compito esula dal campo tecnico, e pur essendovi della leggenda per mancanza di notizie precise, ricorderò Santa Barbara protettrice degli esplosivisti, dei minatori, dei pompieri, della Marina, del Genio e dell'Artiglieria. Vissuta nel III sec., secondo quanto dice Padre Croiset, pare fosse di Nicomedia di Bitinia.

Era una bellissima e intelligente fanciulla, figlia di un certo Dioscuro, uomo ricco e uno dei famosi seguaci del paganesimo tanto che,

dice il Croiset, « il suo ossequio e il suo culto verso i falsi dei giungevano fino alla follia ». Essa giunta all'età della ragione, non si stancava mai di contemplare le bellezze della natura, concludendo che Colui che aveva creato l'Universo, non doveva essere un dio come quelli che venerava suo padre, ma un Essere Superiore. Venuta a sapere che in Oriente vi era un cristiano famoso e dottissimo di nome Origene, non si sa come, e qui si comincia ad entrare un po' nel miracolo e un pò nella leggenda, malgrado rinchiusa dal padre in una torre affinchè non avesse colloqui coi cristiani, Barbara riuscì a parlare con lui facendosi cristiana col battesimo. (Ecco il motivo per cui un nostro grande pittore di scuola veneta del 1400-1500, Palma Jacopo detto il Vecchio, ritrasse la Santa in un celebre quadro che trovasi nella chiesa di S. Maria Formosa a Venezia, presso una torre, con la palma in mano, simbolo di martirio e con una corona in testa).

Dopo tale fatto, spesso aveva col padre, che pur le voleva un gran bene, lunghe ed accanite discussioni, tanto che a un certo punto, esasperato anche perchè la fanciulla non voleva sposarsi pur essendole capitato un partito ottimo cercatole da lui stesso, decise di perseguitarla picchiandola a sangue. Una volta ella riuscì, grondante di sangue, a fuggire in una grotta per sottrarsi alle ire del padre furibondo, ma raggiuntala, questi, la portò al governatore Marciano, il quale con le buone maniere e colpito anche dalla sua bellezza e dalla sua alta cultur in materia religiosa, malgrado nessuno gliela avesse mai insegnata, tentò dapprima di farle rinnegare la religione cristiana, ma, visti inutili i suoi sforzi e per paura di rappresaglie da parte dei pagani, cominciò anch'egli a farla suppliziare nei modi più crudeli. Ma le ferite inferte alla giovane, si rimarginavano quasi subito, tanto che a un certo punto ordinò di bruciarle i fianchi con delle torce. Ma la fanciulla ventenne continuava a pregare e a confidare in Dio e ad invitare i presenti ad abbandonare gli dei falsi e bugiardi, per abbracciare la religione cristiana.

Visto che anche questo orribile supplizio non era valso a nulla, Marciano, inviperito dalla fede della giovane, ordinò altri terribili supplizi, ma neppure allora rinnegò la fede.

Visti inutili tutti i tentativi, Marciano la condannò alla decapitazione e, il 4 dicembre, tra l'orrore di tutti i presenti, fu lo stesso padre ad assumersi tale incarico. Si era allora sotto l'impero di Massimino.

Ma mentre scendeva dalla collina sulla quale aveva decapitato la figlia, quantunque il cielo fosse sereno, il padre fu colpito da un fulmine che lo incenerì e la stessa sorte toccò poco dopo al Governatore Marciano. Da quel giorno il suo culto divenne universale tanto nella chiesa greca che in quella latina, e i miracoli di persone avvolte dal fuoco e da lei miracolosamente salvate, si susseguirono.

Nel 991, sotto l'Imperatore Basilio, le sue reliquie, furono donate ai Veneziani.

Perdoneranno i lettori di questa mia digressione, ma in tal modo possono darsi ragione del perchè S. Barbara è stata designata protettrice di tutti coloro che hanno a che fare col fuoco e con gli esplosivi in genere e perchè il 4 dicembre si celebri la sua festa.

Alfredo Nobel

Kongl. Maj:ts
OCH
RIKETS
Commerce-Collegium

gör veterligt: Hos Kongl. Collegium har Civil Ingeniören Alfred Nobel, hvilken den 14 Oktober 1863, erhållit Kongl. Collegii patent å ett sätt att bereda krut anhållit om patent å vissa af honom uppfunna och uti ingifven beskrifning framställda förbättringar i beredningen och användandet af nämnde slags krut; varande berörda beskrifning så lydande

"Dessa förbättringar afse hufvudsakligen Nitroglycerinets och analoga, i mitt patent af den 14 Oktober 1863 anförda, ämnens användande till sprängning, äfvensom signal- och salutskott.

- - - - - - - - - - - - - - - - -

För beredning af nitroglycerinet äfvensom de ämnen, som dertill användas, gör jag anspråk på följande förbättrade metoder.

I För Nitroglycerinets beredning

Det enda hittills kända sätt, som användts i Laboratorier är att droppvis tillsätta glycerin i en blandning bestående af 2 delar svafvelsyra och 1 del salpetersyra, hållen afkyld i en frostblandning, hvarvid temperaturen ej får öfverstiga 0; emedan man annars riskerar att nitroglycerinet angripes af den fria salpetersyran

Jag bereder det deremot genom att genast mätta salpetersyran med glycerin, då tempe-

raturen kan uppdrifvas till 20° utan skadlig
inverkan på produkten. Om man sålunda
mättar en blandning af 2 delar svafvelsyra
med 1 del salpetersyra med glycerin, så blir
likväl temperaturförhöjningen så stor (ända
till 80°) att nitroglycerinet inom kort förstö-
res. Till förekommande deraf tillsätter jag sal-
petersyran och glycerinet i flera repriser
och afkyler blandningen dessemellan. Eller
och använder jag den redan brukade syran
till att utspäda den nya, för att genom
ökad massa erhålla mindre temperatur
förhöjning.

Önskar jag likväl åstadkomma en hastig
beredning utan afseende på en partiel
sönderdelning, så tillsätter jag all salpeter-
syran och allt glycerinet på en gång
under hastig omröring; derefter häller
jag det hela genast i kallt vatten,
hvarvid blott en del af det bildade Nitro-
glycerinet hinner förstöras.

II För syrornas blandning.

Företrädesvis använder jag en blandning af
svafvelsyra och salpetersyra, erhållen genom
att upplösa 1 del salpetersyradt natron eller kali
i omkring 3½ delar svafvelsyra, hvarvid efter
afkylning ett salt utfaller (resp. $NaO,4SO^3+6HO$; — $KO,4SO^3+6HO$), som är nästan olösligt
i de fria syrorna i blandningen. Dessa kunna
derefter genom pressning fråndskiljas från saltet.

Minskar jag qvantumet svafvelsyra sålunda,
att detta helt och hållet ingår i det bil-
dade saltet, så återstår fri vattnad salpe-
tersyra, som kan afdestilleras eller af-
pressas; och om den använda svafvelsyran
varit af passande concentration, så ut-
göres denna salpetersyra af Monohydrat
(NO^5HO);

Önskar patent-innehafvaren att å annan person sitt patent öfverlåta, åligger det honom sådant hos Kongl. Collegium anmäla; skolande, i händelse öfverlåtelsen sker från någon utom Riket bosatt person, denne för någon i Sverige bosatt man, hvars namn och hemvist böra hos Kongl. Collegium till inregistrering uppgifvas, utfärda skriftlig fullmakt att, i allt hvad patentet angår, å patentinnehafvarens vägnar tala och svara.

Slutligen har Kongl. Collegium skolat härigenom förklara, att detta patent-bref icke må anses medföra visshet, att uppfinningen är ny, eller att den kan med fördel användas.

Stockholm den 15 Juli 1864

C. [illegible]ström [illegible] N. [illegible]

(Sigill)

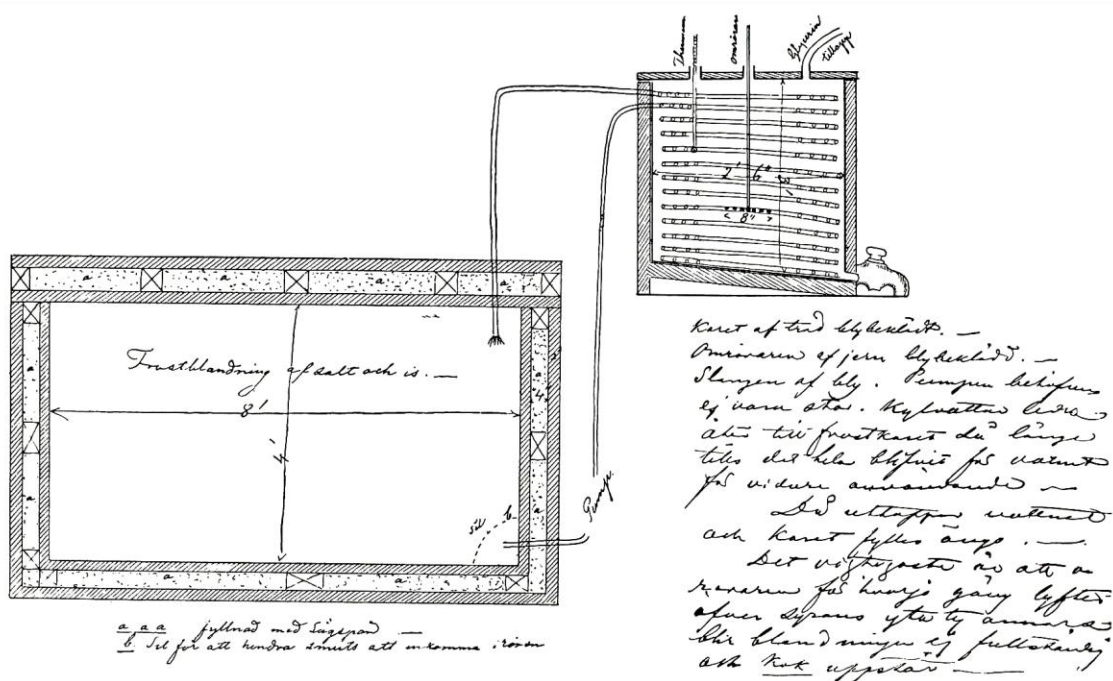
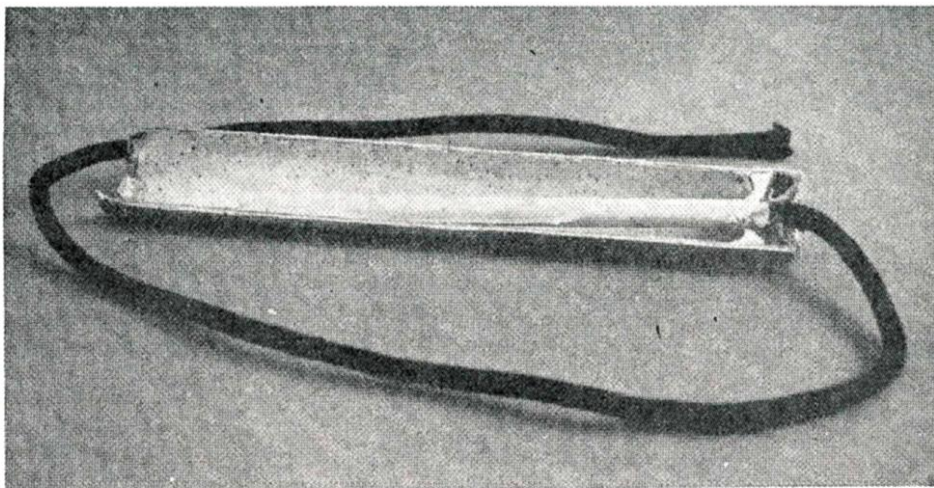
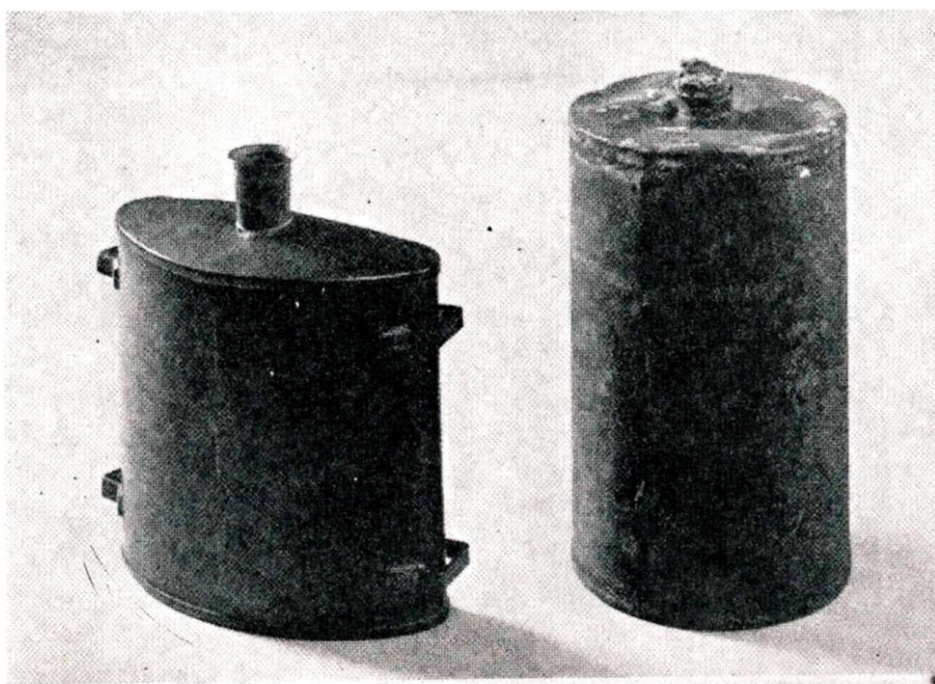
J. Hegardt

Patent under tio års tid för Civil Ingeniören A. Nobel å vissa förbättringar i beredningen och användandet af krut

Detta Patent transporteras på Nitroglycerin-Aktie Bolaget i Stockholm. — Stockholm den 15 November 1864 Alfred Nobel Civil-Ingeniör

Egenhändiga Namnteckningen intyga

Oskar Mattsson Agent [illegible] Kapten

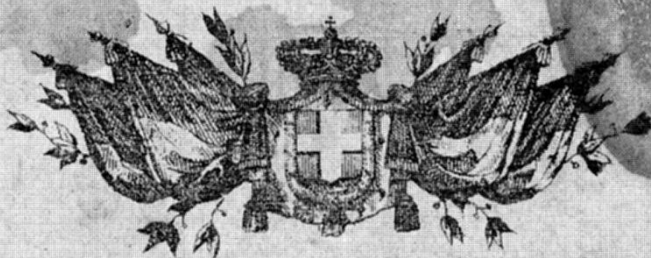
Lettere di Alfredo Nobel per il brevetto del 15 luglio 1864.

Progetto nitratore con refrigerante per la fabbrica di Krümmel. Disegno di A. Nobel intorno al 1870.

Cartuccia per nitroglicerina liquida brevettata nel 1867 dal Cap. Sig. Olof Bergstrom.

Recipienti in ferro per il trasporto della nitroglicerina.

2°. REGGIMENTO DEL GENIO

ESPERIENZE SULLA DINAMITE

AL

CORPO ZAPPATORI DEL GENIO

GENERALITÂ_PROGRAMMI_RELAZIONI

CASALE

LITOGRAFIA DEL 2° REGGIMENTO DEL GENIO

1874

ESPERIENZE SULLA DINAMITE

I

Preparati esplosivi da sostituirsi alla polvere da mina

Fra i preparati esplosivi che in questi ultimi tempi vennero vantaggiosamente sostituiti alla polvere pirica nei lavori da mina, quello che ebbe le più estese applicazioni è la *nitroglicerina*.

Questa sostanza scoperta nel 1846 dal Comm. Ascanio Sobrero chimico Italiano, si ottiene mediante la combinazione della glicerina, uno dei principii costitutivi della maggior parte dei grassi animali, con gli acidi nitrico e solforico. È liquida sino ad una temperatura che varia secondo diverse circostanze, ma che in media si può ritenere di circa 7 gradi al disotto della quale si cristallizza

La nitroglicerina ha una forza espansiva che, secondo i vari dati raccolti raggiunge a parità di peso

dieci volte quella della polvere ordinaria da mina. La sua rapidità di combustione è tale che per produrre il massimo effetto distruttivo non occorre un accurato intasamento, ma basta semplicemente riempiere il foro da mina con sabbia od anche con acqua.

È quindi evidente il risparmio di mano di opera e l'accelerazione dei lavori, che la sostituzione della nitroglicerina alla polvere pirica permette di realizzare nei lavori da mina e si comprende perfettamente come il suo impiego siasi rapidamente diffuso fra i minatori della California, Inglesi Scandinavi, Belgi ecct.

L'uso di questo formidabile agente esplosivo non andò però scompagnato da alcuni disastri per scoppi accidentali, la cui origine pare si debba attribuire in gran parte ad una viziosa preparazione ed in parte alla trascuranza delle precauzioni elementari che si devono sempre osservare quando si maneggiano materie deflagranti.

Ad ogni modo lo stato liquido della nitroglicerina presenta gravi inconvenienti sia nel trasporto che nell'impiego ed avrebbe probabilmente resa impossibile la sua pratica applicazione agli usi di guerra, senza una recente invenzione del Signor Nobel Ingegnere Svedese, che toglie di mezzo questa difficoltà, riducendo la nitroglicerina allo stato pastoso, mediante il semplice miscuglio di 75 parti di questa con 25 di sabbia finissima, miscuglio a cui l'inventore diede il nome di *dinamite*.

Può essere che la dinamite abbia realmente un origi-

ne così semplice oppure anche è probabile che questa versione sia stata accreditata dall'inventore al solo scopo di mantenere il segreto sulla intima composizione del suo trovato; è però un fatto ormai constatato da numerose esperienze, che questo nuovo preparato, ad una forza esplosiva non inferiore a quella della nitroglicerina stessa, unisce un grado di sicurezza contro gli scoppi accidentali, superiore a quello di qualunque altra materia deflagrante finora conosciuta, se si eccettua l'ammoniakkrut altra sostanza esplosiva scoperta dal Signor Norrbin Svedese, il cui impiego non è sinora entrato nel dominio della pratica.

Anzi tutto per provocare la deflagrazione della dinamite occorre un innesco a fulminato di mercurio, oppure una cartuccia di polvere pirica di costruzione speciale; in presenza di un altro corpo qualunque in combustione, la dinamite abbrucia lentamente senza fare esplosione.

Fra le numerose esperienze che confermano questo fatto di capitale importanza per la sicurezza, basta citare quelle eseguite a Berlino nel Giugno del 1868, dal battaglione di Pionieri della Guardia Reale. Una cassetta di legno che conteneva 15 libre di dinamite, (poco più di 7 kilgrammi) venne posta su di una catasta di legno in combustione; la dinamite bruciò lentamente sviluppando un denso fumo senza produrre la minima esplosione.

Anche contro i pericoli di scoppi in causa di urti accidentali la dinamite presenta una completa sicurezza, come risulta da tutte l'esperienze fatte sia col gettare da ragguar=

devole altezza una cassa ripiena di dinamite sopra un pavimento di grosse pietre, sia col lasciar cadere un pezzo metallico sopra un'incudine ricoperta di dinamite; in tutti i casi non si verificò mai la deflagrazione.

Presso il Corpo Zappatori a Casale il Capitano Varzi ha, in via affatto privata, fatte alcune esperienze con una piccola quantità di dinamite, le quali confermano anche le buone proprietà di questo agente esplosivo.

Si confezionarono 3 cartuccie lunghe 0.m10 e del diametro di 0.m03 la prima, dopo avervi introdotto la casola colla relativa miccia, si collocò sopra un prisma di calcestruzzo che formava parte di una gettata del Po e si ricoprì con uno strato di ghiaja e sabbia di 0.60 di altezza. L'esplosione ebbe luogo; il masso di calcestruzzo che aveva le dimensioni di 0.m80 per 0.m60 per 0.m50, si trovò tutto frantumato in pezzi minori di 0.30x0.20x0.10 disposti attorno un imbuto di circa 1.m00 di diametro; la ghiaja fu proiettata fino a 150 passi di distanza.

La seconda cartuccia, munita di casola come la precedente, si collocò perfettamente libera e senza coprirla, sopra uno di quegli scapoli che si trovano fra le ghiaje del Po, lungo 0.50 largo 0.30, ed alto 0.20. L'effetto dello scoppio con un colpo assai rimbombante, fu di stritolare in minutissimi pezzi la pietra, al punto che quegli avanzi che non si erano spostati si potevano frantumare colle sole mani.

La terza cartuccia si fece esplodere coll'aggiunta di un'altra piccola, di 0.m05 di lunghezza e di 0.m012 di diametro nella quale si era introdotta la casola colla miccia

Con un paletto ed una mazza si praticò nella ghiaja mista a sabbia un buco profondo poco più di 0.m40, in cui si calarono le due cartuccie riunite insieme. Gli effetti della esplosione furono; di proiettare circa all'altezza di 100m una pietra che si era posta sul foro dopo averlo riempito di ghiaja sciolta, e la formazione di un imbuto tronco conico profondo 0.m80, e del diametro di 0.40 circa al basso, e di oltre 1.00 alla superficie del terreno.

Per accertarsi che la materia accesa coi metodi ordinari non esplode, se ne depose una quantità quasi uguale a quella che era contenuta in una cartuccia su di un foglio di carta, e vi si appiccò il fuoco con un fiammifero. La materia bruciò producendo un debole rumore simile ad un sibilo, e fumo molto denso; la carta fu distrutta; i residui della combustione erano formati da materie biancastre.

Tali furono le poche ed incomplete esperienze che fu possibile effettuare colla piccola quantità di dinamite di cui si poteva disporre.

Dalle notizie pubblicate da giornali tecnici autorevoli, risulta che anche in California vennero già attivate delle fabbriche di dinamite, e che quei minatori ne fanno un grandissimo impiego, e sotto tutti i rapporti la preferiscono alla polvera pirica.

Un giornale Tedesco fa menzione della fabbrica di dinamite di **Krummel** a Lauenburgo sull'Elba, a proposito di alcuni lavori di demolizione di ghiacci che nel Gennaio del 1868 si dovettero eseguire in vasta scala sul fiu=

me Oder a valle Oppela in Slesia, lavori nei quali si era prima usata con infelice risultato la polvere ordinaria da mina.

Stando alle notizie di quel giornale la dinamite costerebbe alla fabbrica di *Krummel* circa lire 4.80 al chilogr.mo compreso l'imballaggio.

Da quanto si è esposto si può dedurre che la dinamite potrà con certo vantaggio essere applicata alle mine Militari, ma converrà che si faccia una serie di accurate esperienze per determinare la quantità ed il modo di impiego e di accensione che più convengono nei singoli casi. Una prima serie di esperienze potrebbe essere fatta a norma del seguente programma

Negli ultimi giorni del mese scorso a Berlino i Pionieri fecero esperienza sopra un'altra sostanza esplosiva, inventata dal Luogotenente Dittmar chiamata Dualina. Essa è un miscuglio di segatura di legno colla nitroglicerina; gli effetti risultarono eguali a quelli della dinamite, sia sotto il rapporto della forza esplosiva che sotto quello della sicurezza.

PARTE PRIMA

DEFINIZIONE E COSTITUZIONE DEGLI ESPLOSIVI
MISURE SPERIMENTALI

CAPITOLO PRIMO

CHE COSA E' UN ESPLOSIVO E SISTEMA PER CALCOLARE LE SUE CARATTERISTICHE

Per sostanza esplosiva o sistema esplosivo, va definita qualsiasi sostanza o miscuglio di sostanze, capaci di subire istantaneamente una trasformazione chimica, accompagnata da uno sviluppo di gas o di vapore, e quindi con produzione di lavoro. Le leggi che regolano le trasformazioni esplosive sono fondate sulla meccanica, sulla termodinamica e sulla termochimica.

La misura di questi effetti, come pure della temperatura e della pressione, può definire il fenomeno esplosivo. Se l'esplosivo è contenuto in un recipiente chiuso, i gas che si sviluppano, non avendo modo di espandersi liberamente, generano altissime pressioni quasi istantaneamente e producono quindi notevoli effetti, i quali possono essere sia di natura chimica che fisica. Una delle definizioni più classiche degli esplosivi è data da Sarrau il quale dice: « Si chiama esplosivo ogni corpo capace di trasformarsi rapidamente in gas ad alta temperatura ». Possiamo chiamare quindi esplosione, una trasformazione chimica-fisica rapidissima con aumento quasi istantaneo di volume, pressione, temperatura, generalmente con effetti meccanici, sonori, luminosi di intensità imponenti.

Un esplosivo, a differenza dei combustibili che hanno bisogno di ossigeno, dà, senza nulla, la sua energia in tempo brevissimo, *generalmente dell'ordine del millesimo di secondo (detonazione) o del decimo di secondo (deflagrazione)*. Quindi le potenze realizzabili assumono valori altissimi, aggirantesi intorno a forze dell'ordine di grandezza di migliaia di tonnellate per metro di foro da mina e potenze dell'ordine di milioni di cavalli vapore per Kg. di esplosivo.

Tutti gli esplosivi sono generalmente costituiti da uno o più composti organici esplosivi tipo Nitroglicerina, Tritolo, Pentrite, T_4, ecc. che funzionano da *combustibili* e vengono detti *potenzianti* e da uno o più

composti organici ricchi di Ossigeno che possono essere nitrati, clorati, perclorati, ecc. che funzionano da *comburenti*.

Prima di cominciare a determinare la potenza teorica di un esplosivo, occorre conoscere la reazione chimica che avviene con l'esplosione, dalla quale si deduce poi il volume dei gas, il calore di formazione, il calore di esplosione a volume costante, il calore specifico, il potenziale, la temperatura di esplosione e la pressione specifica, e, infine, conoscere la velocità di reazione.

La reazione chimica che è bene conoscere per determinare la potenza esplosiva di una sostanza, si deduce dalla differenza di composizione che passa tra il prodotto esplosivo e i prodotti risultanti dell'esplosione.

Quando l'*Ossigeno è positivo* e cioè l'esplosivo contiene tanto ossigeno da trasformare il Carbonio in anidride carbonica, e l'Idrogeno in vapore d'acqua e in genere tutte le sostanze combustibili gassose in prodotti ossidati al massimo grado e che quindi produce una combustione totale, si può calcolare la qualità e la quantità dei gas e, dal loro calore di esplosione, dedurre la loro temperatura. Quando l'*Ossigeno è negativo,* cioè manca, allora è difficile prevedere i prodotti della reazione, perchè variano a seconda delle condizioni in cui si produce l'esplosione e quindi si hanno contemporaneamente varie reazioni.

Gli esplosivi si possono dividere in due grandi categorie:

Esplosivi a carattere progressivo o lenti, in cui la decomposizione avviene per combustione diretta degli elementi che li costituiscono e che si propaga a tutta la massa a bassa velocità come è il caso della polvere nera, un litro della quale produce, decomponendosi, circa 300 litri di gas diversi, i quali a loro volta per il loro forte riscaldamento, occupano un volume di 1500 litri. E' il caso anche delle polveri di lancio tipo balistiti o nitrocellulose.

Esplosivi dirompenti o alti esplosivi tipo nitroglicerina, Tritolo, Pentrite, T_4, ecc. la cui decomposizione è istantanea e che hanno bisogno per esplodere, di un urto violento e cioè, in pratica, di una capsula.

Tutti hanno alte velocità che vanno dai 5000 agli 8000 m/s.

In relazione poi all'impiego delle mine, gli esplosivi li possiamo dividere in tre grandi categorie e cioè per:

Cava che possono essere sia ad ossidazione completa che incompleta.

Galleria che devono essere ad ossidazione completa e non produrre gas venefici.

Antigrisutosi che, oltre a possedere i requisiti di quelli per galleria, devono avere temperature molto basse e potenza che non deve oltrepassare certi limiti a seconda delle varie legislazioni.

VELENOSITA' CHE SI SPRIGIONA DOPO LO SCOPPIO DEGLI ESPLOSIVI

Allo scopo di puntualizzare bene l'importanza che hanno gli esplosivi per galleria agli effetti dell'incolumità dei minatori, riporterò queste tabelline comparse sulla rivista tedesca « Explosivstoffe » Erwin Barth Verlag n. 2, 1959. Mannheim, con le rispettive osservazioni.

a) Tabella velenosità NO_2

0,002% . . .	non dannoso
0,004% . . .	si sopporta per lungo tempo
0,006% . . .	leggera irritazione alla gola
0,008% . . .	si resiste tre ore senza danno
0,010% . . .	irritazione alla gola piuttosto forte
0,015% . . .	pericoloso anche per breve tempo
0,025% . . .	mortale anche se respirato per breve tempo

b) Tabella velenosità CO

0,01	Vol.%	si resiste per parecchio tempo
0,04-0,05	Vol.%	respirabile senza effetto dannoso per 1 ora
0,06-0,07	Vol.%	dopo un'ora l'effetto è sensibile
0,10-0,12	Vol.%	dopo un'ora fa male ma non è pericoloso
0,15-0,20	Vol.%	dopo un'ora è pericoloso
0,40	Vol.%	mortale in meno di un'ora

L'avvelenamento non si avverte subito ma dopo varie ore dalla respirazione.

E' importante illustrare agli operai la velenosità dei gas.

Il miglior sistema per evitare questi incidenti è il cambiamento d'aria nella galleria.

Per curare gli avvelenamenti da gas nitrosi è importante l'organizzazione del pronto soccorso, il salasso, la respirazione di ossigeno e un cardiotonico.

Il contenuto di Ossido di Carbonio può influenzare gli effetti dell'avvelenamento, ma normalmente non è mortale.

Lo scarico della locomotiva Diesel dà noia ma non è pericoloso.

L'equilibrio di Ossigeno o abbondanza di Ossigeno nella formula dell'esplosivo non può evitare lo sviluppo di gas nitrosi, al contrario c'è da dire che tali gas aumentano in rapporto al contenuto di Ossigeno.

Gli esplosivi per galleria devono essere composti in modo tale da sviluppare una minima quantità di gas nitrosi.

Questa composizione non si può calcolare teoricamente e l'ossigeno in più produce un effetto peggiore.

La sola deflagrazione e non lo scoppio totale dell'esplosivo aumenta fortemente la percentuale dei gas nitrosi (fumi rossastri).

TABELLA DEI PESI ATOMICI RELATIVI (1961)

Simbolo	ELEMENTO	Numero atomico	Peso atomico	Simbolo	ELEMENTO	Numero atomico	Peso atomico
Hf	Afnio	72	178,49	Md	Mendelevio *	101	—
Al	Alluminio	13	26,9815	Hg	Mercurio	80	200,59
Am	Americio *	95	—	Mo	Molibdeno	42	95,94
Sb	Antimonio	51	121,75	Ne	Neon	10	20,183
Ag	Argento	47	107,870	Nd	Neodimio	60	144,24
Ar	Argo	18	39,948	Np	Nettunio	93	—
As	Arsenico	33	74,9216	Ni	Nichelio	28	58,71
At	Astato *	85	—	Nb	Niobio	41	92,906
Ac	Attinio *	89	—	No	Nobelio *	102	—
N	Azoto	7	14,0067	Ho	Olmio	67	164,930
Ba	Bario	56	137,34	Au	Oro	79	196,967
Bk	Berchelio *	97	—	Os	Osmio	76	190,2
Be	Berillio	4	9,0122	O	Ossigeno	8	15,9994
Bi	Bismuto	83	208,980	Pd	Palladio	46	106,4
B	Boro	5	10,811	Pb	Piombo	82	207,19
Br	Bromo	35	79,909	Pt	Platino	78	195,09
Cd	Cadmio	48	112,40	Pu	Plutonio *	94	—
Ca	Calcio	20	40,08	Po	Polonio *	84	—
Cf	Californio *	92		K	Potassio	19	39,102
C	Carbonio	6	12,01115	Pr	Praseodimio	59	140,907
Ce	Cerio	58	140,12	Pm	Prometio *	61	—
Cs	Cesio	55	132,905	Pa	Protattinio *	91	—
Cl	Cloro	17	35,453	Ra	Radio *	88	—
Co	Cobalto	27	58,9332	Rn	Rado *	86	—
Kr	Cripto	36	83,80	Cu	Rame	29	63,54
Cr	Cromo	24	51,996	Re	Renio	75	186,2
Cm	Curio *	96	—	Rh	Rodio	45	102,905
Dy	Disprosio	66	162,50	Rb	Rubidio	37	85,47
Es	Einsteinio *	99	—	Ru	Rutenio	44	101,07
He	Elio	2	4,0026	Sm	Samario	62	150,35
Er	Erbio	68	167,26	Sc	Scandio	21	44,956
Eu	Europio	63	151,96	Se	Selenio	34	78,96
Fm	Fermio *	100	—	Si	Silicio	14	28,086
Fe	Ferro	26	55,847	Na	Sodio	11	22,9898
F	Fluoro	9	18,9984	Sn	Stagno	50	118,69
P	Fosforo	15	30,9732	Sr	Stronzio	38	87,62
Fr	Francio *	87	—	Tl	Tallio	81	204,37
Gd	Gadolinio	64	157,25	Ta	Tantallio	73	180,948
Ga	Gallio	31	69,72	Tc	Telnezio *	43	—
Ge	Germanio	32	72,59	Te	Te Telluric	52	127,60
H	Idrogeno	1	1,00797	Tb	Terbio	65	158,924
In	Indio	49	114,82	Ti	Titanio	22	47,90
I	Iodio	53	126,9044	Th	Torio *	90	232,038
Ir	Iridio	77	192,2	Tm	Tulio	69	168,934
Yb	Itterbio	70	173,04	W	Tungsteno	74	183,85
Y	Ittrio	39	88,905	U	Uranio *	92	238,03
La	Lantanio	57	138,91	V	Vanadio	23	50,942
Li	Litio	3	6,939	Xe	Xeno	54	131,30
Lu	Lutezio	71	174,92	Zn	Zinco	30	65,37
Mg	Magnesio	12	24,312	Zr	Zirconio	40	91,22
Mn	Manganese	25	54,4320	S	Zolfo	16	32,064

In ordine alfabetico del nome italiano.

* Elementi radioattivi

CARATTERISTICHE FISICHE DEGLI ESPLOSIVI

Riporterò molto in breve, le principali definizioni delle caratteristiche degli esplosivi, dalle quali si potranno calcolare facilmente i dati ad essi relativi e che hanno un'importanza basilare. Riporterò pure, per maggior chiarezza, un esempio di calcolo di esplosivo ad ossigeno positivo e uno ad ossigeno negativo.

Volume dei gas a 20° - E' il volume occupato dai gas prodotti dall'esplosione misurati a 20° e 760 mm. ed è espresso in litri per Kg. di esplosivo.

Esso si calcola moltiplicando i grammi di ciascuno dei gas che si sviluppano, per il rispettivo volume alla temperatura di esperienza, valore che è uguale a:

$$\frac{22,4}{M} + \frac{273 \times t^{\circ}}{273} = \frac{22,4}{M} \times 1,073$$

in cui:

22,4 = volume in litri occupato da una molecola di gas a 0° e 760 mm.
M = peso molecolare del gas in esame.
t° = temperatura di esperienza espressa in gradi centigradi.

Naturalmente per calcolare il volume dei gas a 20°, occorre conoscere l'equazione di decomposizione della sostanza o miscuglio esplosivo ed è necessario che l'esplosivo sia ad ossidazione completa.

Nel caso di esplosivi ad ossidazione incompleta, e fino alla pressione di 500 Atm, occorre ricorrere sperimentalmente all'apparecchio di Sarrau e Vieille, detto anche gasometro a mercurio (fig. 1).

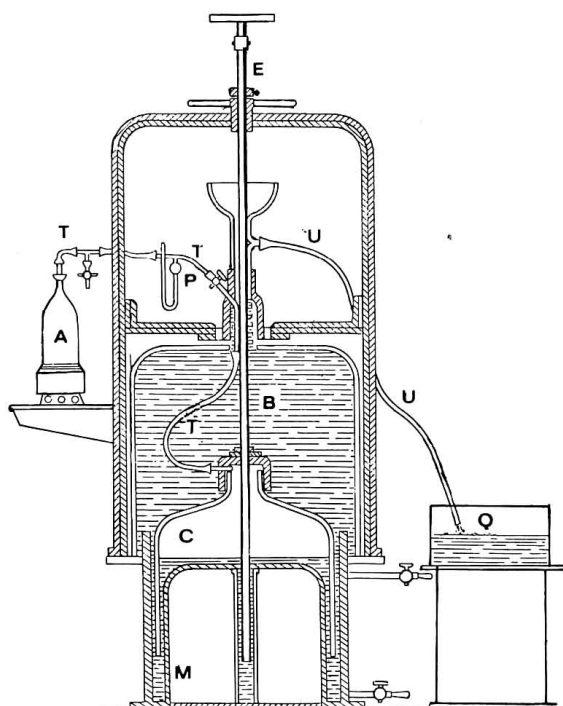



FIG. 1

Apparecchio per la misura del volume di gas d'esplosione di Sarrau e Vieille

A - Bomba manometrica
T - Tubetto di comunicazione gas da A e C
M - Recipiente anulare pieno di mercurio
C - Campana raccolta gas di esplosione
B - Campana piena di acqua
U - Tubetto fuoriuscita acqua spostata dai gas
Q - Recipiente raccolta e misura acqua spostata
P - Manometro
E - Tirante per lo spostamento della campana ed equilibrio della pressione interna

Covolume - E' la millesima parte del volume dei gas a 20° e 760 mm.

$$\text{Covolume} = \frac{V_{20}}{1000}$$

Calore di esplosione a V_{20} - E' la quantità di calore che si sviluppa al momento dell'esplosione da un peso unitario dell'esplosivo: si esprime in Kal/Kg. e si deduce dalla seguente formula:

$$Qv_{20} = Q_2 - Q_1 + (V_{20} \times 0{,}042)$$

in cui:

Qv_{20} = calore di esplosione a V_{20} espresso in Kal/Kg.

Q_1 = calore di formazione dei componenti 1 Kg. di esplosivo. Si calcola moltiplicando la quantità di grammi di ciascun componente per il proprio calore di formazione e se ne effettua la somma dei prodotti ottenuti. Si esprime in Kal/Kg.

Q_2 = calore di formazione dei prodotti di decomposizione. Si calcola moltiplicando la quantità in grammi dei prodotti di decomposizione ciascuno per il proprio calore di formazione e sommandone i prodotti ottenuti. Si esprime in Kal/Kg.

$V_{20} \times 0{,}0242$ = fattore correzione per passare dal calore di esplosione a pressione costante al calore di esplosione a volume costante.

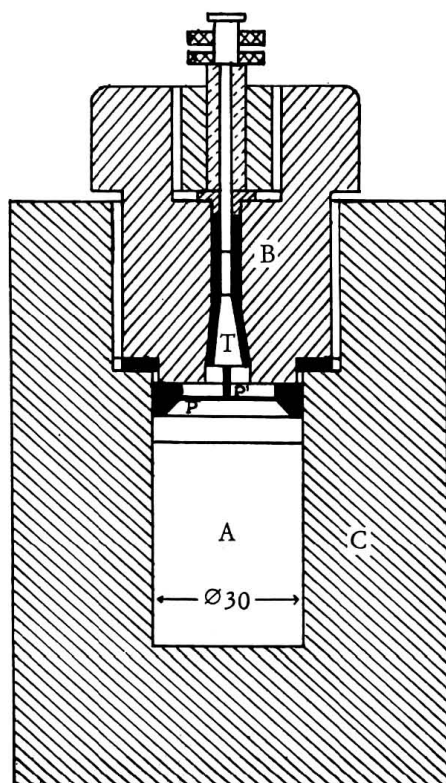



FIG. 2

Bomba di esplosione di Berthelot.

A - Camera di scoppio da cm³ 35
P,P' - Punte di rame portacorrente
T - Tirante di chiusura isolante
B - Tappo
C - Corpo

Per calcolare quindi *il calore di esplosione a volume costante* (20°) che oscilla da 400 a 1500 Kal/Kg., si sottrae dal calore di formazione dei prodotti di decomposizione, il calore di formazione dei componenti Kg. 1 di esplosivo e si aggiunge a questo il valore ottenuto moltiplicando il volume dei gas a 20° per 0,0242. Il calore di esplosione si può calcolare direttamente con la Bomba di esplosione di Berthelot (fig. 2); la decomposizione della sostanza si fa avvenire però in presenza di un gas inerte (azoto) e non di ossigeno. Il calore di esplosione è tanto più alto quanto più ci si avvicina al bilancio di ossigeno 0 e cioè quando i prodotti di combustione gassosi sono sostituiti da CO_2, vapore d'acqua e azoto.

Temperatura di esplosione - Si intende la temperatura raggiunta durante l'esplosione. Questa caratteristica è in relazione con la quantità di calore che si sviluppa nel processo esplosivo. Essa è uguale al rapporto tra l'energia totale che si libera sotto forma di calore al momento dell'esplosione ed il calore specifico dei prodotti di esplosione (vedi tabelle, pag. 43 e seguenti).

Si calcola quindi in base alla seguente formula:

$$(t^{\circ} + 273) = T$$

$$T = \frac{Qv}{Cv}$$

in cui:

t° = temperatura di esplosione espressa in gradi centigradi.

T = temperatura assoluta espressa in gradi centigradi.

Qv = calore esplosione a vol. costante espresso in Kal/Kg.

Cv = calore specifico medio espresso in Kal/Kg.

La temperatura di esplosione che varia da 900° per gli esplosivi a base di nitrato ammonico e di nitroguanidina a 4000° per le gelatine alla nitroglicerina, *non* si deve confondere con *la temperatura di decomposizione* dell'esplosivo, che invece indica la temperatura a cui bisogna riscaldare l'esplosivo perchè esso detoni. Essa sfugge alla determinazione diretta.

Pressione specifica - E' la pressione sviluppata nel processo esplosivo ed è chiamata anche *pressione di esplosione* e dipende dalla forza dell'esplosivo. E' uguale al rapporto tra il prodotto ottenuto moltiplicando la temperatura di esplosione (assoluta) per il volume del gas e per la pressione atmosferica, e la temperatura di esperienza (assoluta), e dipende dalle dimensioni della camera di scoppio che viene considerata.

Si ha quindi la seguente formula:

$$f = \frac{T \times 1{,}033 \times V}{293}$$

1,033 = Pressione atmosferica
f = Pressione specifica espressa in Atm/Kg.
T = Temperatura di esplosione (assoluta) espressa in gradi centig.
V = Volume dei gas

Ritengo abbastanza interessante riportare una tabella in cui sono indicate le diverse pressioni di alcuni esplosivi a varie densità di carica (Tabella n. 1).

TABELLA 1

PRESSIONE IN Kg/cm.[2] SVILUPPATA DA ALCUNI ESPLOSIVI A VARIE DENSITA' DI CARICA

Densità di carica	Nitroglicerina	Cotone fulmin. secco	Cotone fulmin. col 20% di acqua	Cotone collodio	Balistite	Acido picrico	Nitro-guanidina	Fulmin. di mercurio	Nitrato ammonico	Polvere nera		Dinam. col 25% di Gur
										da mina	da guerra	
0,1	1098	1058	880	936	1100	983	855	468	542	287	338	748
0,2	2351	2350	1960	2100	2410	2174	1940	996	1217	611	708	1590
0,3	3847	3980	3310	3580	4000	3050	3380	1501	2077	679	1120	2595
0,4	5640	6000	5010	5540	5480	5523	5350	2072	3211	1400	1590	3750
0,5	7829	8710	7420	8230	8490	7982	7110	2686	4729	1890	2120	5110
0,6	10560	12170	10740	12120	11790	11350	12860	3347	7082	2460	2710	6780
0,7	14060	17270	15270	18910	16340	16240	21150	4062	10800	3170	3550	8600
0,8	21520	26300	24510	27760	23080	24030	43120	4952	17870	3620	4250	9520
0,9	25270	30000	42610	26600	33740	38310	196390	5683	36250	4960	5130	14600
1,0	35020	69800	105000	324900	53640			6602		6230	6230	1900
1,1					472700			8720		9260	9260	34600
1,2								11320		14120	14120	85400
1,4								14650		23360	23360	
1,6								16790				
1,8								24350				
2,0								43970				

Pressione di esplosione - La pressione di esplosione, ovvero la pressione sviluppata dalle sostanze esplosive oltre che dalle leggi generali dei gas e delle apposite tabelle, si può misurare mediante l'apparecchio di A. Nobel da lui ideato nel 1871 (fig. 3).

Consiste in un tubo di acciaio dolce A avvolto dall'esterno da un filo di acciaio di mm. 0,8 di diametro ad una tensione di 35 Kg. Alle due estremità il cilindro si chiude con otturatori anulari di rame *c c'*. Nella camera di scoppio A passano due fili metallici riuniti ai due poli *b b'* coi quali viene comunicata l'accensione della carica. La parte principale dell'apparecchio è contenuta nel coperchio inferiore e comprende uno stantuffo *a* di cui si conosce la sezione, che, per l'azione

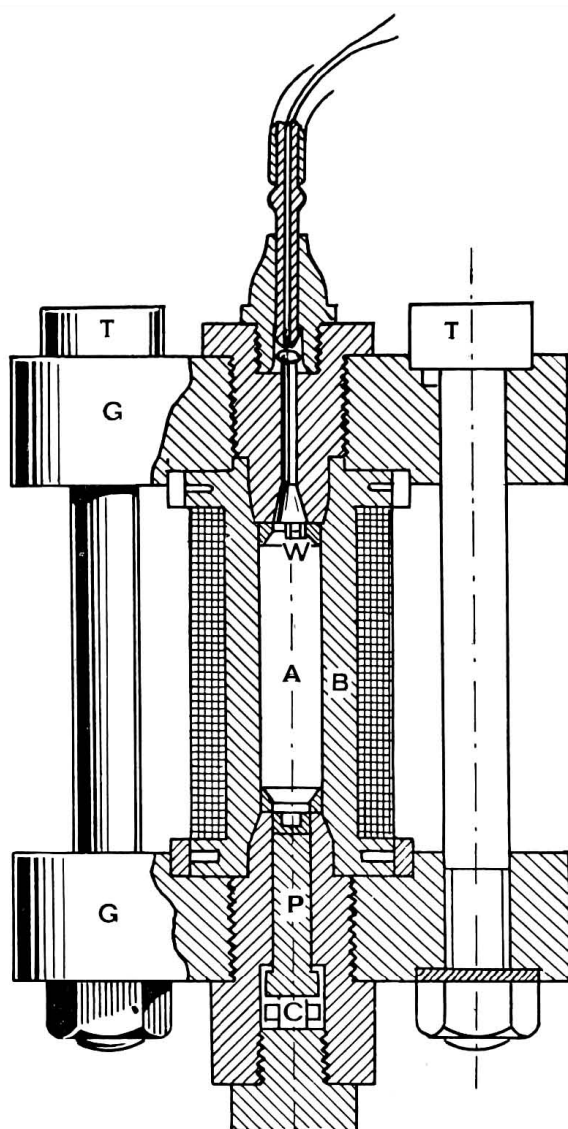



FIG. 3

Apparecchio per la misura delle pressioni d'esplosione con il crusher

A - Camera di scoppio
P - Pistone di trasmissione pressione
C - Crusher di rame
W - Poli per l'accensione elettrica
B - Cilindro di acciaio dolce avvolto in fili acciaio
TT - Tiranti
GG - Piastre di chiusura con tappi

dei gas che si sono prodotti nell'esplosione, preme sopra un piccolo cilindro di rame detto *crusher* tarato con la massima precisione, producendo uno schiacciamento che indica il massimo della pressione e misurando il quale, con apposite tabelle, si può dedurre la pressione di esplosione.

Col perfezionarsi della moderna tecnica elettronica si è fatto un passo innanzi anche con la misura delle pressioni.

Infatti sfruttando la piezoelettricità del quarzo per la carica di un opportuno condensatore, rivelando ed amplificando con valvole le relative tensioni, registrandole con oscillografi e fotografando gli oscillogrammi con film ad alta velocità, è stato possibile misurare rapidamente e riprodurre l'andamento delle pressioni di esplosione in funzione del tempo. Tali misure giungono a determinare con una preci-

sione del 0,1%, 50 volte migliore che le misure con i crusher con una spesa inferiore a quella dei crusher e con una perdita di tempo molto inferiore.

Potenziale - E' il lavoro massimo che può fornire l'unità di peso di esplosivo. Esso è quindi uguale al calore di esplosione a volume costante per l'equivalente meccanico del calore. Si assume, come unità di potenziale, il *Dinamodo* che equivale ad una tonnellata per un metro, che corrisponde a 0,427 Kal.

Si ha quindi la seguente formula:

$$P = Qv_{20} \times E$$

in cui:

P = potenziale espresso in Tonnellate/m.

Qv_{20} = calore di esplosione a volume costante Kal/Kg.

E = 427 cioè equivalente meccanico del calore.

Dirompenza secondo Kast o forza dell'esplosivo. E' il prodotto della pressione specifica per la densità e per la velocità di detonazione, essa può variare da 650 a 1600 dinamodi.

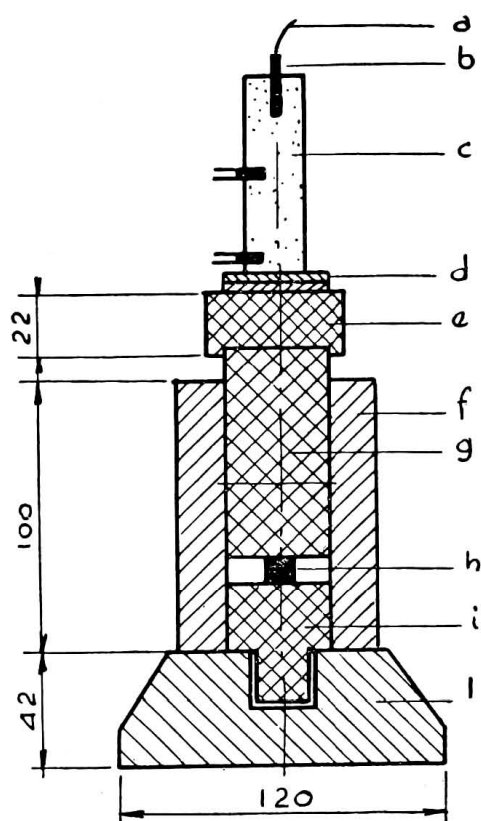



FIG. 4

Dispositivo di Kast per misurare la dirompenza.

a - miccia
b - capsula detonante
c - cartuccia dell'esplosivo da provare (altezza media 70 m/m)
d - due piastrine di piombo dello spessore di 4 m/m ciascuna
e - piastra di protezione di acciaio al nichel dello spessore di 20 m/m e del peso di circa 320 gr.
f - cilindro guida in ghisa
g - pistone di pressione in acciaio del peso di circa 680 gr.
h - cilindretto di rame — altezza 10 m/m — diametro 7 m/m esattamente centrato
i - incudine in acciaio
l - base in bronzo o in acciaio

Si può esprimere con la seguente formula:

$$d = e \times D \times Vd$$

in cui:

d = dirompenza secondo Kast

e = pressione specifica

D = densità dell'esplosivo

Vd = velocità di detonazione dell'esplosivo.

La dirompenza si può trovare col dispositivo di Kast (fig. 4), misurando, dopo l'esplosione, lo schiacciamento del cilindretto di rame rapportandolo ad apposite tabelle.

Allo scopo di facilitare e abbreviare tali calcoli, riporterò le tabelle della scomposizione degli esplosivi e dei suoi componenti, e quella dei calcoli di formazione dei costituenti degli esplosivi alla temperatura ambiente ed a 760 mm., prese dal Beyling-Drekopf, che sono le più generalmente usate e le più attendibili. Ho aggiunto inoltre una tabella comparativa dei calcoli di formazione dati da Beyling, Schmidt, Pascal, Landolt ed una completa dello Schmidt nelle quali si potranno vedere notevoli differenze.

TABELLA 2
CARATTERISTICHE TERMODINAMICHE DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI SECONDARI
(Da « Les substances explosives » - Dunod)

ESPLOSIVO	Formula chimica bruta	Massa molecolare	Massa specifica a 20°C gr/cm³	Temperatura di fusione (°C)	Calore specifico a 20°C (Kcal/Kg)°C	Calore di combustione a vol. costante (Kcal/Kg) (¹)	CALORE DI FORMAZIONE (²) A VOLUME COSTANTE		A PRESSIONE COSTANTE		Bilancio di ossigeno (atomo-g/Kg)
							Kcal/Kg	Kcal/Kg	Kcal/mol	Kcal/mol	
Melinite . . .	$C_6H_3N_3O_2$	224,11	1,76	122,5	0,251	2696	221	50,6	237	54,4	— 28,38
Tritolo . . .	$C_7H_5N_3O_6$	227,13	1,65	80,7	0,328	3596	58	13,2	76	17,4	— 46,23
Tetrile . . .	$C_2H_5N_5O_8$	287,15	1,73	129,3	0,216	2826	— 35	— 9,9	— 16,3	— 4,7	— 29,61
T_4	$C_3H_6N_6O_6$	222,16	1,82	204	0,298	2282	— 94	— 20,9	— 70	— 15,6	— 13,51
Octogène . .	$C_4H_8N_8O_6$	296,17	1,91	280	0,26	2362	— 180	— 53,3	— 204	— 60,5	— 13,51
Pentrite . . .	$C_5H_8N_4O_{12}$	316,15	1,77	141,4		1962	387	122	408	129	— 6,31
Nitrocellulosa .	$[C_6H_2O_2(OH)_3 —x(NO_3)]$										
con 11,5% di N			1,65	dec. (³)		2546	693		670		— 26,15
con 12,5% di N			1,66	dec. (³)		2405	631		609		— 21,98
con 13,5% di N			1,66	dec. (³)		2263	570		548		— 19,91
Nitroglicerina .	$C_3H_5N_3O_9$	227,04	1,60	13,2	0,356	1623	369	83,7	390	88,6	+ 2,20
Nitrato di amm.	$H_4N_2O_3$	80,05	1,72	169,6	0,404	628	1059	84,8	1092	87,4	+ 12,49
NH_4ClO_4 . . .	ClH_4NO_4	117,50	1,95	dec. (³)		469	573	67,3	598	70,2	+ 21,27
Nitroguanidina	$CH_4N_4O_2$	104,07	1,76	232		2023	178	18,5	209	21,4	— 19,22

(¹) Calore di combustione completa in CO_2 e H_2O liquida.

(²) Calore di formazione partendo da elementi semplici allo stato standard (298° K. 260 mm di mercurio).

(³) « dec » significa che il prodotto si decompone prima di fondere.

TABELLA 3

CALCOLO DELLA SCOMPOSIZIONE DEGLI ESPLOSIVI

Denominazione della sostanza	Peso molec.	Scissione per esplosione (o scomposizione)	1 gr. di sost. dà per sciss. esplos.				
			CO_2	H_2O	N_2	O_2	Diversi
Nitroglicerina . . .	227,1	$4\ C_3H_5(ONO_2)_3 = 12\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 + O_2$	0,582	0,198	0,185	+0,0352	HCl 0,182
Dinitrocloridrina . .	200,5	$C_3H_5Cl(ONO_2)_2 = 3\ CO_2 + 2\ H_2O + N_2O_2 + HCl$	0,659	0,179	0,140	—0,160	—
Fulmicotone	1143,3	$4\ C_{24}H_{29}O_9(ONO_2)_{11} = 96\ CO_2 + 58\ H_2O + 22\ N_2 - 41\ O_2$	0,924	0,228	0,135	—0,287	—
Cotone collodio . .	1053,3	$4\ C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9 = 96\ CO_2 + 62\ H_2O + 18\ N_2 - 51\ O_2$	1,003	0,265	0,120	—0,388	—
Nitroglicerina gelat.	—	(96,5 Ngl. + 3,5 cotone collodio)	0,597	0,200	0,183	+0,0204	—
Dinitrocloridrina gel.	—	(96,5 Dinitrocloridrina + 3,5 Cotone collodio	0,671	0,182	0,139	—0,168	HCl 0,176
Dinitroglicol	152,1	$C_2H_4(ONO_2)_2 = 2\ CO_2 + H_2O + N_2$	0,579	0,237	0,184	0,000	—
Binitrotoluolo . . .	182,1	$2\ C_6H_3(CH_3)\ (NO_2)_2 = 14\ CO_2 + 6\ H_2O + 2\ N_2 - 13\ O_2$	1,690	0,297	0,154	—1,141	—
Trinitrotoluolo . . .	227,1	$4\ C_6H_2(CH_3)\ (NO_2)_3 = 28\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 + 21\ O_2$	1,357	0,198	0,185	—0,740	—
Mononitronaftalina .	173,1	$4\ C_{10}H_7(NO_2) = 40\ CO_2 + 14\ H_2O + 2\ N_2 - 43\ O_2$	2,542	0,364	0,081	—1,987	—
Binitronaftalina . .	218,1	$2\ C_{10}H_6(NO_2)_2 = 20\ CO_2 + 6\ H_2O + 2\ N_2 - 19\ O_2$	2,018	0,248	0,129	—1,395	—
Trinitronaftalina . .	263,1	$4\ C_{10}H_5(NO_2)_3 = 40\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 - 33\ O_2$	1,672	0,171	0,160	—1,003	—
Esanitrodifenilamina	439,1	$4\ NH{:}[C_6H_2(NO_2)_3]_2 = 48\ CO_2 + 10\ H_2O + 14\ N_2 - 29\ O_2$	1,202	0,103	0,224	—0,529	—
Acido picrico . . .	229,0	$4\ C_6H_2(CH)\ (NO_2)_3 = 24\ CO_2 + 6\ H_2O + 6\ N_2 - 13\ O_2$	1,152	0,118	0,184	—0,454	—
*Pentrite	316,13	$C\ (CH_2ONO_2)_4 = 3\ CO_2 + 2\ CO + 4\ H_2O + 2\ N_2$	0,6960	0,2280	0,1772	—0,1012	—
*T 4	222,096	$C_3H_6N_6O_6 = 3\ CO + 3\ H_2O + 3\ N_2$	0,5946	0,2432	0,3784	—0,2162	—
Carbonio (nerofumo, carbone di legna) .	12	$C = CO_2 - O_2$	3,667	—	—	—2,667	—
Carbon foss. (grasso)	—	(86% C + 5% H + 9% O)	3,153	0,447	—	—2,590	—
Lignite	—	(60% C + 4% H + 16% O + 20% H_2O)	2,200	0,558	—	—1,758	—
Segat. di legno (farina di legno o veg.)	—	Variabile	1,704	0,570	—	—1,274	—
Cellulosa	162,1	$C_6H_{10}O_5 = 6\ CO_2 + 5\ H_2O - 6\ O_2$	1,628	0,555	—	—1,183	—
Destrina (colla vegetale)	—	(90% $C_6H_{10}O_5$ + 10% H_2O)	1,465	0,599	—	—1,064	—
Gelosio	—	(circa 5% $C_6H_{10}O_5$ + 95% H_2O)	0,081	0,978	—	—0,059	—
Pece (di carb. foss.).	—	(50% $C_{3n}H_{2n}$ + 50% C)	3,569	0,237	—	—2,806	—
Antracene (Fenantrene)	178,1	$2\ C_{14}H_{10} = 28\ CO_2 + 10\ H_2O - 33\ O_2$	3,459	0,506	—	—2,965	—
Naftalina	128,1	$C_{10}H_8 = 10\ CO_2 + 4\ H_2O - 12\ O_2$	3,437	0.562	—	—2,999	—
Paraffina (vasellina).	352,4 ca.	circa: $C_5H_{52} = 25\ CO_2 + 26\ H_2O - 32\ O_2$	3,122	1,329	—	—3,451	—
Glicerina	92,1	$2\ C_3H_5(OH)_3 = 6\ CO_2 + 8\ H_2O - 7\ O_2$	1,434	0,784	—	—1,218	—
Palmitina (grassi) .	806,8	$2\ C_{51}H_{98}O_5 = 102\ CO_2 + 98\ H_2O - 145\ O_2$	2,782	1,094	—	—2,876	—
Petrolio	91,6 ca.	circa: $C_7H_{12} = 7\ CO_2 + 6\ H_2O - 10\ O_2$	3,205	1,125	—	—3,330	—
Mirobaleni (concianti)		(43% C + 5,39 H + 48,8% + 2,8% ceneri)	1,578	0,482	—	—1,088	—
Resine	302,2 ca.	circa: $C_{20}H_{30}O_2 = 40\ CO_2 + 30\ H_2O - 53\ O_2$	2,912	0,894	—	—2,806	—
Nitrato di potassio .	101,1	$4\ KNO_3 = 2\ K_2O + 2\ N_2 + 5\ O_2$	—	—	0,139	+0,396	K_2O 0,465
Nitrato di sodio . .	85	$4\ NaNO_3 = 2\ Na_2O + 2\ N_2 + 5\ O_2$	—	—	0,165	+0,471	Na_2O 0,364
Nitrato d'ammonio .	80,05	$2\ NH_4NO_3 = 4\ H_2O + 2\ N_2 + O_2$	—	0,450	0,350	+0,200	—

* Dalle tabelle di Schmidt.

Denominazione della sostanza	Peso molec.	Scissione per esplosione (o scomposizione)	1 gr. di sost. dà per sciss. esplos.				
			CO_2	H_2O	N_2	O_2	Diversi
Nitrato di bario . .	261,4	$2\ Ba(NO_3)_2 = 2\ BaO + 2\ N_2 + 5\ O_2$	—	—	0,107	+0,306	BaO 0,587
Nitrato di calcio . .	200,1	$2\ Ca(NO_3)_2 + 2\ H_2O) = 2\ CaO + 2\ N_2 + 5\ O_2 + 4\ H_2O$	—	0,180	0,140	+0,400	CaO 0,280
Nitr. di calcio tecnico	—	$(95\%\ Ca(NO_3)_2 + 5\ NH_4\ NO_3)$	—	0,022	0,180	+0,473	CaO 0,325
Soluzione al 50 di $Ca(NO_3)_2$	—	$(50\%\ Ca(NO_3)_2 + 50\%\ H_2O)$	—	0,500	0,086	+0,243	CaO 0,171
Clorato di potassio .	122,6	$2\ KClO_3 = 2\ KCl + 3\ O_2$	—	—	—	+0,392	KCl: 0,608
Clorato di sodio . .	106,5	$2\ NaClO_3 = 2\ NaCl + 3\ O_2$	—	—	—	+0,451	NaCl 0,549
Perclor. di potassio .	138,6	$KClO_4 = KCl + 2\ O_2$	—	—	—	+0,462	KCl 0,538
Perclor. di sodio . .	122,5	$NaClO_4 = NaCl + 2\ O_2$	—	—	—	+0,522	NaCl 0,478
Perclor. d'ammonio .	117,5	$4\ NH_4ClO_4 = 6\ H_2O + 2\ N_2 + 5\ O_2 + 4\ HCl$	—	0,230	0,119	+0,341	HCl 0,310
Bicromato potassio .	294,2	$2\ K_2Cr_2O_7 = 2\ K_2O + 2\ Cr_2O_3 + 3\ O_2$	—	—	—	+0,163	K_2O 0,320 Cr_2O_3 0,517
Ossalato di potassio	166,2	$2\ K_2C_2O_4 = 2\ K_2O + 4\ CO_2 + O_2$	0,530	—	—	—0,0963	K_2O 0,566
Ossalato di sodio .	134,0	$2\ Na_2C_2O_4 = \quad = Na_2O + 4\ CO_2 — O_2$	0,656	—	—	—0,119	Na_2O 0,463
Bicarbonato di sodio	84,0	$2\ NaHCO_3 = Na_2O + 2\ CO_2 + H_2O$	0,524	0,107	—	—	Na_2O 0,369
Solfato d'ammonio .	132,2	$(NH_4)_2SO_4 = 4H_2O + N_2 — O_2 + SO_2$	—	0,545	0,212	—0,242	SO_2 0,485
Cloruro d'ammonio .	53,50	$4\ NH_4Cl = 6\ H_2O + 2\ H_2 — 3\ O_2 + 4\ HCl$	—	0,505	0,262	—0,449	HCl 0,682
Zolfo	32,07	$S = SO_2 — O_2$	—	—	—	—0,998	SO_2 1,998
Alluminio	26,97	$4\ Al = 2\ Al_2O_3 — 3\ O_2$	—	—	—	—0,892	Al_2O_3 1,891
Siliciuro di calcio .	96,2 ca.	circa: $2\ CaSi_2 = 2\ CaO + 4\ SiO_2 — 5\ O_2$	—	—	—	—0,831	CaO 0,583 SiO_2 1,248

1 gr. CO_2 dà a 20° C e 760 mm Hg lt. 0,5429 CO_2
1 » CO » » » » » 0,8584 CO
1 » H_2O » » » » » 1,335 H_2O
1 » SO_2 » » » » » 0,3667 SO_2
1 » N_2 » » » » » 0,8581 N_2
1 » O_2 » » » » » 0,7511 O_2

1 gr. HCl per la neutralizzazione:	1,290 gr. K_2O,	dando 2,043 gr. KCl	e 0,247 gr. H_2O
	0,850 » Na_2O	» 1,603 » NaCl	e 0,247 gr. H_2O
	2,10 » BaO	» 2,85 » $BaCl_2$	e 0,247 gr. H_2O
	0,770 » CaO	» 1,523 » $CaCl_2$	e 0,247 gr. H_2O
1 gr. SO_2 necess. per la neutralizzazione	1,470 » H_2O	» 2,470 » K_2SO_3	
	0,967 » Na_2O	» 1,967 » Na_2SO_3	
	2,394 » BaO	» 3,394 » Ba SO_3	
	0,765 » CaO	» 1,875 » $CaSO_3$	

1 gr. K_2O necess. per la neutralizzazione	0,467 » CO_2	» 1,467 » K_2CO_3
1 » Na_2O	0,710 » CO_2	» 1,710 » Na_2CO_3
1 » BaO	0,287 » CO_2	» 1,287 » $BaCO_3$
1 » CaO	0,785 » CO_2	» 1,785 » $CaCO_3$

TABELLA 4

CALORI DI FORMAZIONE DI DIVERSE SOSTANZE ALLA TEMPERATURA AMBIENTE ED A 760° mm. Hg.

Denominazione	Formula	Peso Molecol.	Calore di Formazione p. 1 gr./mol. Kcal.	Calore di Formaz. p. 1 Kg. Kcal.
A. - *Calori di formazione dei costituenti degli esposivi*				
Nitroglicerina	$C_3H_5(ONO_2)_3$	227,1	+ 94,2	+ 415
Dinitrocloridrina . . .	$C_3H_5Cl\ (ONO_2)_2$	200,5	+ 87,8	+ 437
Pentrite	$C\ (CH_2ON_2)_4$	316,3	+ 123	+ 390*
Fulmicotone	$C_{24}H_{29}O_9\ (ONO_2)_9$	1143,3	+ 624	+ 545
Cotone collodio	$C_{24}H_{31}O_{11}\ (ONO_2)_9$	1053,23	+ 705	+ 669
Nitroglicerina gel. . . .	(96,5 Ngl. + 3,5 cotone coll.)	—	—	+ 423
Dinitrocloridrina gel . .	(96,5 Ngl. + 3,5 cotone coll.)	—	—	+ 445
T_4	$C_3H_6N_6O_6$	222,096	— 21,3	— 96*
Dinitroglicol.	$C_2H_4\ (ONO_2)_2$	152,1	+ 67,7	+ 445
Binitrotoluolo	$C_6H_3\ (CH_3)\ (NO_2)_2$	182,1	+ 5,0	+ 27,4
Trinitrotoluolo	$C_6H_2\ (CH_3)\ (NO_2)_3$	227,1	+ 16,0	+ 70,5
Mononitronaftalina . .	$C_{10}H_7\ (NO_2)$	173,1	— 14,7	— 84,9
Trinitronaftalina . . .	$C_{10}H_6\ (NO_2)_2$	218,1	— 5,7	— 26,1
Binitronaftalina . . .	$C_{10}H_5\ (NO_2)_3$	263,1	+ 3,3	+ 12,5
Dinitrobenzolo (solido) .	$C_6H_4\ (NO_2)_2$	168,0	+ 12,7	+ 75,5
Acido picrico	$C_6H_2\ (OH)\ (NO_2)_3$	229,0	+ 49,1	+ 214
Carbonio (nerof., grafite)	C	12,0	—	—
Carbon fossile (grasso) .	(86% C + 5% H + 9% O)	—	—	+ 200
Lignite	(60% C + 4% H + 16% O + 20 H_2O)	—	—	+ 450
Segatura (far. vegetale) .	(45% C + 5% H + 35% O + + 15% H_2O)	—	—	200 + 800
Cellulosa	$C_6H_{10}O_5$	162,1	200	+ 1230
Destrina (colla veget.) .	(90% $C_6H_{10}O_5$ + 10% H_2O)	—	—	+ 1500
Pece	(50% $C_{3n}H_{2n}$ + 50% C)	—	—	+ 100
Gelosio	5% $C_6H_{10}O_5$ + 95% H_2O	—	—	+ 3665
Antracene	$C_{14}H_{10}$	178,1	— 46,3	— 260
Fenantrene	$C_{14}H_{10}$	178,1	— 37,6	— 211
Naftalina	$C_{10}H_8$	128,1	— 19,6	— 153
Paraffina (circa)	$C_{25}H_{52}$	ca. 352,4	ca. + 183	+ 518
Glicerina	$C_3H_5\ (OH)_3$	92,1	+ 159,1	+ 1730
Grassi (val. med.) . . .	circa $C_{51}H_{98}O_6$	ca. 806,8	ca. + 476	+ 590
Petrolio	circa C_7H_{12}	ca. 96,1	ca. + 3,46	+ 36
Olii (val. med.)	circa $C_{23}H_{36}O_7$	ca. 424	ca. + 170	+ 400
Nitrato di potassio . .	KNO_3	101,1	+ 119,5	+ 1180
Nitrato di soda	$NaNO_3$	85,0	+ 111,2	+ 1309
Nitrato d'ammonio . .	NH_4NO_3	80,05	+ 88,1	+ 1100
Nitrato di bario	$Ba\ (NO_3)_2$	261,4	+ 228,4	+ 874
Nitrato di calcio . . .	$Ca\ (NO_3)_2$	200,1	+ 216,7	+ 1182
Nitrato di calcio tecn. .	(95% $C_a\ (NO_3)_2$ +5 NH_4NO_3)	—	—	+ 1178
Soluz. 50% Ca $(NO_3)_2$.	(50% $C_a\ (NO_3)_2$ + 50% H_2O)	—	—	+ 2490
Clorato di potassio . .	$KClO_3$	122,6	+ 95,9	+ 781
Clorato di sodio . . .	$NaClO_3$	106,5	+ 86,7	+ 813
Perclorato di potassio .	$KClO_4$	138,6	+ 113,5	+ 736
Perclorato di sodio . .	$NaClO_4$	122,5	+ 100,3	+ 819
Perclorato d'ammonio .	NH_4ClO_4	117,5	+ 96,3	+ 820
Bicromato di potassio .	$K_2Cr_2O_7$	294,2	+ 515,3	+ 1751

* Tabella Smidt.

CALORI DI FORMAZIONE DI DIVERSE SOSTANZE ALLA TEMPERATURA AMBIENTE ED A 760° mm. Hg.

Denominazione	Formula	Peso Molecol.	Calore di Formazione p. 1 gr./mol. Kcal.	Calore di Formaz. Kcal.
Ossalato di potassio . .	$K_2C_2O_4$	166,2	+ 324,7	+ 1951
Ossalato di sodio . . .	$Na_2C_2O_4$	134,0	+ 315,0	+ 2350
Bicarbonato di sodio . .	$(NaHCO_3$	84,0	+ 229,3	+ 2730
Solfato d'ammonio . . .	$(NH_4)_2\ SO_4$	132,2	+ 281,9	+ 2130
Cloruro d'ammonio . .	$(NH_4Cl$	53,5	+ 75,8	+ 1714
Anidride carbonica (gas)	CO_2	44,0	+ 94,3	+ 2143
Acqua solida			+ 69,95 (0°C)	+ 3882
Acqua liquida . . .	H_2O	18,2	+ 68,37 (18°C)	+ 3793
Acqua vapore			+ 57,84	+ 3206
Ossidulo d'azoto liquido	N_2O	44,0	+ 15,0	— 341
Ossidulo d'azoto gas . .			— 17,7	— 402
Ossido d'azoto, gas . .	NO	30,0	— 21,6	— 720
Anidride solforosa . . .	SO_2	64,1	+ 70,9	+ 1105
Idrogeno solforato . . .	H_2S	34,1	+ 5,0	+ 147
Ossido di carbonio . .	CO	28,0	+ 26,4	+ 943
Metano	CH_4	16,0	— 18,11	+ 1131
Acetilene	C_2H_2	26,0	— 54,8	— 2107
Acido cianidrico liquido	HCN	27,0	— 25	— 926
Acido cianidrico gas . .			— 30	— 1111
Ossido di potassio . .	K_2O	94,2	+ 86,8	+ 921
Solfuro di potassio . .	K_2S	110,3	+ 87,3	+ 790
Solfato di potassio . .	K_2SO_4	174,3	+ 340,6	+ 1952
Tiosolfato di potassio .	$K_2S_2O_3$	190,3	+ 272,3	+ 1430
Rodonato di potassio .	$KCNS$	97,2	+ 49,8	+ 513
Carbonato di potassio .	K_2CO_3	138,2	+ 281,1	+ 2033
Bicarbonato di potassio .	$KHCO_3$	100,1	+ 233,3	+ 2331
Cloruro di potassio . .	KCl	74,6	+ 105,6	+ 1415
Ossido di sodio	Na_2O	62,0	+ 100,7	+ 1622
Solfuro di sodio . . .	Na_2S	78,1	+ 88,7	+ 1137
Solfato di sodio . . .	Na_2SO_4	142,1	+ 327,9	+ 2308
Tiosolfato di sodio . . .	$Na_2S_2O_3$	158,1	+ 256,3	+ 1620
Rodonato di sodio . . .	$NaCNS$	81,1	+ 45,3	+ 559
Carbonato di sodio . .	Na_2CO_3	106,0	+ 272,6	+ 2571
Bicarbonato di sodio . .	$NaHCO_3$	84,0	+ 229,3	+ 2730
Cloruro di sodio . . .	$NaCl$	58,5	+ 97,7	+ 1670
Carbonato d'ammonio .	$(NH_4)_2\ CO_3$	96,1	+ 228	+ 2372
Bicarbonato d'ammonio .	$(NH_4)\ HCO_3$	79,05	+ 205,3	+ 2597
Ossido di calcio . . .	CaO	56,1	+ 152,1	+ 2711
Carbonato di calcio . .	$CaCO_3$	100,1	+ 284,5	+ 2842
Cloruro di calcio . . .	$CaCl_2$	111,0	+ 191,0	+ 1720
Ossido di bario. . . .	BaO	153,4	+ 133,4	+ 870
Carbonato di bario . .	$BaCO_3$	197,4	+ 285,6	+ 1445
Cloruro di bario . . .	$BaCl_2$	208,3	+ 205,0	+ 982

B. - *Calori di formazione di esplosivi iniziali*

Denominazione	Formula	Peso Molecol.	Calore di Formazione p. 1 gr./mol. Kcal.	Calore di Formaz. Kcal.
Fulminato di mercurio .	$C_2N_2O_2\ Hg$	284,6	— 63,0	— 221,5
Azotidrato di piombo . .	$Pb\ (N_3)_2$	291,2	— 106	— 364

TABELLA 5

FATTORI RIGUARDANTI PARTICOLARMENTE LA TEMPERATURA DI ESPLOSIONE

Ritengo opportuno dopo le tabelle complete ricavate dal Beyling, riportare quest'altra tabella in cui sono raccolti altri fattori dati da autori diversi. Le lettere situate presso ogni fattore del calore di formazione corrisponde all'autore cui va attribuito e precisamente: B = Beyling — S = Schmidt — P = Pascal - L = Landolt.

Sostanze	Peso Molecolare	Calore specifico medio a volume costante (C^v)		Calore di fus.		Calore di Formazione							
						Cal/Gr. Mol.				Cal./Kg.			
		Cal. Gr./Mol.	Cal./Kg.	Cal. Mol. Gr.	Cal. Kg.	Valore		Valore		Valore		Valore	
Cellulosa ($C_6H_{10}O_5$)	162	—	—	—	—	227	S	200	S	1400	S	1230	B
Segatura (45% C)	—	—	—	—	—	—		—		—		—	
(5% H_2)	—	—	—	—	—	—		—		—		800	B
(35% O_2)	—	—	—	—	—	—		—		—		—	
(15% H_2O)	—	—	—	—	—	—		—		—		—	
Olio minerale ($\sim C_{23}H_{36}O_7$)	424	—	—	—	—	—		~ 170	B	—		400	B
Paraffina ($\sim C_{25}H_{52}$)	352,4	—	—	—	—	~ 176,2	S	~ 183	B	500	S	518	B
Binitronaftalina	218,1	—	—	—	—	— 4,6	S	— 5,7	B	— 21,1	S	— 26,1	B
Trinitroluolo	227,1	—	—	—	—	13	S	16	B	59	S	70,5	B
Binitrotoluolo	182,1	—	—	—	—	6,9	S	5	B	38	S	27,4	B
Nitroglicerina	227,1	—	—	—	—	82,7	S	94,2	B	364	S	415	B
Cotone collodio [$C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9$]	1053,3	—	—	—	—	699,4	S	705	B	664	S	669	B
Nitroguanidina	104	—	—	—	—	18	S	—		173	S	—	
Dinitroetienglicol ($C_2H_4(ONO_2)_2$)	152	—	—	—	—	56	S	67,7	B	367	S	445	B
Dinitrodietilenglicol [$O(C_2H_4ONO_2)_3$]	196	—	—	—	—	99,4	S	—		507	S	—	
Nitrato di guanidina	122	—	—	—	—	88	S	—		719	S	—	
Trinitroresorcina	245	—	—	—	—	125	S	—		509	S	—	
Trinitroresorcinato di Pb	468	—	—	—	—	200	S	—		428	S	—	
Ftalato di dibutile	278	—	—	—	—	100	S	—		358	S	—	
Pentrite	316,1	—	—	—	—	123	S	—		390	S	—	
T_4	222	—	—	—	—	— 21,3	S	—		— 96	S	—	
Azoturo di piombo	291,2	—	—	—	—	— 107	S	— 106	B	— 364	S	— 364	B
Fulminato di mercurio	284,6	—	—	—	—	— 64,5	S	— 63	B	— 230	S	— 221,5	B
NH_4NO_3	80,05	—	—	—	—	88,1	S	88,1	B	1101	S	1100	B
KNO_3	101,1	—	—	—	—	119,5	S	119,5	B	1182	S	1180	B
$NaNO_3$	85	—	—	—	—	111,3	S	111,2	B	1309	S	1309	B
NH_4ClO_4	117,5	—	—	—	—	—		96,3	B	—		820	B
$KClO_4$	138,6	—	—	—	—	113,5	S	113,5	B	819	S	819	B
$NaClO_4$	122,5	—	—	—	—	100,3	S	100,3	B	818,5	S	819	B

Sostanze	Peso Molecolare	Calore specifico medio a volume costante (C^v) Cal./Kg.	Cal. Gr./Mol.	Calore di Fus. Cal. Mol. Gr.	Cal. Kg.	Calore di Formazione Cal/Gr. Mol. Valore		Valore		Cal./Kg. Valore		Valore	
$KClO_3$	122,6	—	—	—	—	95	S	95,9	B	775	S	781	B
$NaClO_3$	106,5	—	—	—	—	86	S	86,7	B	807,3	S	813	B
*$CaSi_2$	96,2	—	—	—	—	161,8	L	208,7	P	1747	L	2169	P
$KHCO_3$	100,1	0,0384	0,383	—	—	233,3	L	233,3	B	2331	L	2331	B
$NaHCO_3$	84	0,0384	0,457	—	—	229,3	L	229,3	B	2730	L	2730	B
K_2CO_3	138,2	0,0384	0,278	7	51	280	S	281,1	B	2026	S	2033	B
Na_2CO_3	106	0,0384	0,362	7	66	272	S	272,6	B	2567	S	2571	B
$CaCO_3$	100,1	0,0320	0,320	7	70	246,6	S	284,5	B	2465	S	2842	B
K_2O	94,2	0,0192	0,204	—	—	86,8	S	86,8	B	921	S	921	B
Na_2O	62	0,0192	0,309	—	—	100,5	S	100,7	B	1621	S	1622	B
CaO	56,1	0,0128	0,228	—	—	152,1	S	152,1	B	2713	S	2711	B
Al_2O_3	101,9	0,0320	0,314	—	—	392	S	380,2	L	3849	S	3731	L
SiO_2 (amorfa)	60,1	0,0192	0,319	—	—	195	S	208,3	L	3217	S	3165	L
KCl	74,6	0,0128	0,172	6,4	86	103,3	S	105,6	B	1384	S	1415	B
$NaCl$	58,5	0,0128	0,219	7,2	124	97,8	S	97,7	B	1672	S	1670	B
$CaCl_2$ (Anidro)	111	0,0192	0,173	6,1	55	191	S	191	L	1721	S	1721	L
HCl (gas)	36,5	0,0057	0,154(T = 2000	—	—	21,9	S	22	L	602	S	602,7	L
CO	28	$\frac{6,9}{1000} - \frac{1,882}{T}$	$0,246 - \frac{67,7}{T}$	—	—	26,4	S	26,4	B	942,7	S	943	B
CO_2	44	$\frac{12,75}{1000} - \frac{3,86}{T}$	$0,290 - \frac{87,8}{T}$	—	—	94,5	S	94,3	B	2148	S	2143	B
H_2O (gas) (1200°-1600°)	—	$\sim 0,00735$		—	—	—		—		—		—	
H_2O (gas) (1600°-2400°)	18	$\frac{10,58}{1000} - \frac{4,98}{T}$	$0,586 - \frac{276}{T}$	—	—	57,7	S	57,84	B	3206	S	3209	B
H_2O (gas) (oltre 2400°)	—	$\frac{17}{1000} - \frac{20,80}{T}$	$0,943 - \frac{1153}{T}$	—	—	—		—		—		—	
N_2	28	$\frac{6,58}{1000} - \frac{1,372}{T}$	$0,234 - \frac{49}{T}$	—	—	—		—		—		—	
O_2	32	$\frac{6,78}{1000} - \frac{1,1}{T}$	$0,212 - \frac{34,4}{T}$	—	—	—		—		—		-	
H_2	2	$\frac{6,26}{1000} - \frac{1,73}{T}$	$3,11 - \frac{860}{T}$	—	—	—		—		—			

* Il Landolt a vol. *Eg.*, pag. 822 dà per il calore di formazione del $CaSi_2$ in Cal./gr. mol. 218,3 citando L. Wöhler e F. Müller (1921). — Il valore 161,8 lo dà lo stesso Landolt nel *Eg* a pag. 2762, citando ancora Wöghler e W. Shuff (1932). — Il valore riportato da Pascal (1931) ci sembra più attendibile, perchè quello più recente del Landolt si stacca molto dal valore dato precedentemente dal medesimo autore, senza specificare i motivi della differenza.

TABELLA 6

CALORI MOLECOLARI MEDI E CALORI SPECIFICI DI GAS DIVERSI

Formula		Calore molecolare medio c_v (Kilocalorie per peso molecol. in gr.	Regione in cui è valevole la formula	Calore specifico medio c_v in Kilocalorie per Kg.
CO_2		$\frac{12,75}{1000} - \frac{3,860}{T}$	oltre 1200° assol.	$0,290 - \frac{87,8}{T}$
H_2O	*a)*	$\frac{10,58}{1000} - \frac{4,980}{T}$	1600-2400° »	$0,586 - \frac{276}{T}$
	b)	$\frac{17,0}{1000} - \frac{20,80}{T}$	oltre 2400° »	$0,943 - \frac{11,53}{T}$
N_2		$\frac{6,58}{1000} - \frac{1,372}{T}$	» 1200° »	$0,234 - \frac{49,0}{T}$
O_2		$\frac{6,78}{1000} - \frac{1,100}{T}$	» 800° »	$0,212 - \frac{34,4}{T}$
CO		$\frac{6,90}{1000} - \frac{1,882}{T}$	» 1200° »	$0,246 - \frac{67,7}{T}$
H_2		$\frac{6,26}{1000} - \frac{1,730}{T}$	» 1200° »	$3,11 - \frac{860}{T}$
(NO e simili)		$\frac{6,63}{1000} - \frac{1,521}{T}$	» 1200° »	a seconda del peso molecolare
(NH_3 e simili)		$\frac{13,26}{1000} - \frac{3,042}{T}$	» 1200° »	
(CH_4 e simili)		$\frac{16,58}{1000} - \frac{3,803}{T}$	» 1200° »	

TABELLA 7

CALORI MEDI MOLECOLARI E CALORI SPECIFICI DI DIVERSE SOSTANZE SOLIDE, CHE SI PRESENTANO NEI PRODOTTI DI ESPLOSIONE DEGLI ESPLOSIVI PIU' COMUNI

Formula	Calore molecolare medio *c* (Kcal. per peso molecolare in gr.)	Calore specifico medio *c* (Kcal. per Kg.)
K_2S	0,0192	0,174
K_2SO_4	0,0448	0,257
$K_2S_2O_3$	0,0448	0,236
KCNS	0,0256	0,264
K_2CO_3	0,0384	0,278
$KHCO_3$	0,0384	0,383
KCL	0,0128	0,172
Na_2S	0,0192	0,246
Na_2SO_4	0,0448	0,315
$Na_2S_2O_3$	0,0448	0,283
NaCNS	0,0256	0,316
Na_2CO_3	0,0384	0,362
$NaHCO_3$	0,0384	0,457
NaCl	0,0128	0,219
$(NH_4)_2CO_3$	0,0896	0,932
CaO	0,0128	0,228
$CaCO_3$	0,0300	0,320
$CaCl_2$	0,0192	0,173
$BaCO_3$	0,0320	0,162
$BaCl_2$	0,0192	0,092
SiO_2	0,0192	0,320

TABELLA 8

SCHEMA DI CALCOLO DI UN ESPLOSIVO AD OSSIGENO POSITIVO

		CO_2	H_2O	N_2	O_2	Al_2O_3	KCl
NH_4NO_3 . . .	690	—	310,5	241,50	138	—	—
TNT	200	271,4	39,6	37	—148	—	—
All.	30	—	—	—	— 26,76	56,730	—
$KClO_4$	80	—	—	—	36,96	—	43,04
		271,4	350,1	278,50	0,20	56,730	43,04

gr. 69 NH_4 NO_3 + gr. 20 $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$ + gr. 3 Al_2 + 8 $KClO_4$
27,14 CO_2 + 35,01 H_2O + 27,85 H_2 + 0,020 O_2 + 5,673 Al_2O_3 + 4,304 KCl

BILANCI

1 gr. CO_2 : l. 0,5429 = 271,4 : x x = 147,34
1 » H_2O : l. 1,3350 = 350,1 : x x = 467,38
1 » N_2 : l. 0,8581 = 278,5 : x x = 238,98
1 » O_2 : l. 0,7511 = 0,2 : x x = 0,15

900,2   853,85

$$\frac{853,85}{900,2} = 0,9477 \text{ gr. 1 di gas a } 20^\circ \text{ e } 760 \text{ mm.}$$

Se in 853,85 gr. abbiamo liri 147,34 di CO_2 in 100 ne avremo x

$$CO_2\% \frac{147,34}{853,85} = 17,25\% \qquad H_2O\% \frac{467,38}{853,85} = 54,73\%$$

$$N_2\% \frac{238,98}{853,85} = 27,98\% \qquad O_2\% \frac{15}{853,85} = 0,017$$

CALORE DI FORMAZIONE

NH_4NO_3 . . .	690	× 1,100	= 759		
TNT . . .	200	× 0,059	= 11,8		
$KClO_4$ . . .	90	× 0,819	= 65,52		
			836,32	calore formazione componeni	
CO_2 . . .	2,148	× 271,4	= 582,96		
H_2O . . .	3,206	× 350,1	= 1122,42	853,85 ×	
KCl . . .	1,384	× 43,04	= 59,57	0,0242	
Al_2O_3 . . .	3,849	× 56,73	= 218,35	20,663170	
			1983,30		
			836,32		
			1146,98	+ calore di esplosione e press. costante	
			20,66		
			1167,64	calore di esplosione a volume costante	

CALORE SPECIFICO

CO_2 . . . . . $0,290 - \frac{87,8}{T} \times 0,2714 = 0,0786$ 23,80

H_2O . . . . . $0,943 - \frac{1153}{T} \times 0,3501 = 0,3301$ 403,66

N_2 . . . . . $0,234 - \frac{49}{T} \times 0,2785 = 0,0651$ 13,64

O_2 . . . . . $0,212 - \frac{34,4}{T} \times 0,0020 = 0,0004$ 0,06

441,16 +

Al_2O_3 . . . . (0,3139 × 0,05673) = 0,0178 1167,64

1608,80

KClO . . . . (0,172 × 0,04304) = 0,0074

0,4994

POTENZIALE

$$\frac{427 \times 1167,64}{1000} = 496,247.$$

Temperatura di esplosione

1608 : 0,4994 = 3219,86 3219,86 — 273 = 2946,86

Pressione specifica

0,0035256 × 853 = 3,0073368 3,0073368 × 3219 = 9683,49

Dirompenza secondo Kast

$$\frac{9683 \times 1,01 \times 3700}{1.000.000} \quad 36,195$$

DATI CARATTERISTICI DELL'ESPLOSIVO CITATO A PAG. VIII

Trauzl cm³	450
Schiacciamento ai cilindri Hees in mm. Abbassamento cil. superiore	12 +
abbassamento cil. inferiore	5
Larghezza fungo mm.	50,3
Densità dell'esplosivo	1,01
Velocità di detonazione (Dautriche) m/s	3700
Distanza di colpo in cm.	6
Bilancio O_2 in peso	0,02%
Bilancio O_2 in volume	0,017%
Temperatura di esplosione	2946
Calore di esplosione a 20° e 760 mm.	1167
Volume dei gas a 20° e 760 mm.	853,85
Covolume	0,853
Pressione specifica Atm/Kg.	9683,49
Potenziale	496,2
Dirompenza secondo Kast	36

TABELLA 8 A
SCHEMA DI CALCOLO DI UN ESPLOSIVO AD OSSIGENO NEGATIVO

Sui calcoli ad Ossigeno negativo, molto è stato discusso ed ancora si discute, in quanto non tutti sono d'accordo nè sul sistema di tale calcolo, nè in particolare sui calcoli di formazione ed a tale proposito è sufficiente vedere e controllare le tabelle precedenti nelle quali sono riportati i valori dati dal Beyling, dallo Schmit, da Pascal e da Landolt.

Per maggiori particolari si possono consultare anche il Vennin e il Kuster, ed inoltre la rivista di settembre-ottobre 1934 « Zeitschrift das gesamte Schiess-und Sprengstoffwesen ».

Composizione e relative tolleranze:

— Trinitrotoluene	gr. 250	25%	± 2
— Trimetilentrinitroamina	» 60	6%	± 1
— Alluminio	» 70	7%	± 1
— Ammonio nitrato	» 620	62%	± 4

Caratteristiche teoriche

La composizione base di questo esplosivo risponde alla caratteristica di dar luogo esattamente alla ossidazione di tutto il carbonio a CO, senza C libero nè CO_2.

In pratica le tolleranze sono tali da aversi reazioni spostate verso una ossidazione maggiore onde evitare assolutamente depositi carboniosi.

Il bilancio di ossigeno base risulta calcolato in tabella:

— TNT	gr. 250 ×	(— 0,740)	— 185	
— T4	» 60 ×	(— 0,216)	— 13	
— Al	» 70 ×	(— 0,892)	— 62	
— NH_4NO_3	» 620 ×	0,200		+ 124
			— 260	+ 124

risulta così negativo e pari a — 13,6%.

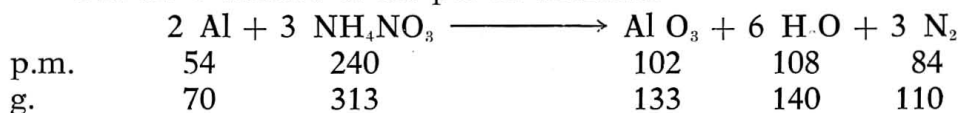
Ovviamente l'esplosivo è da usare a cielo aperto.

Reazioni di esplosione

Fra tritolo e nitrato si ha la reazione

	$2\ C_7H_5N_3O_6$	$+\ 7\ NH_4NO_3$	⟶	$14\ CO$	$+\ 19\ H_2O$	$+\ 10\ N_2$
p.m.	454	560		392	342	280
g.	250	307		215	188	154

Fra Al e nitrato si ha poi la reazione

	$2\ Al$	$+\ 3\ NH_4NO_3$	⟶	Al_2O_3	$+\ 6\ H_2O$	$+\ 3\ N_2$
p.m.	54	240		102	108	84
g.	70	313		133	140	110

Il T4 da solo detona secondo

	$C_3H_6N_6O_6$	$\longrightarrow$	3 CO	+ 3 H_2O	+ 3 N_2
p.m.	222		84	54	84
g.	60		22,7	14,6	22,7

Complessivamente abbiamo perciò, in tabella

	Al_2O_3	CO	H_2O	N_2		
	—	215	188	154		
	133	—	140	110		
	—	22,7	14,6	22,7		
g.	133	237,7	342,6	286,7	= 1000	
p.m.	102	28	18	28		
mole gas		8,45	19	10,28	= 37,73	
						$\times$ 22,414
pari a litri					845	

Il volume di esplosione è quindi di 845 N.litri/Kg.

Dati Termici - Calore di esplosione

I calori di formazione dei componenti sono

— TNT	Kg.	0,25 $\times$	70,5	= 17,6
— T4	»	0,06 $\times$	— 96	= — 5,7
— Al	»	0,07 $\times$	0	= 0
— NH_4NO_3	»	0,62 $\times$	1100	= 682
			Kcal	692

I calori di formazione dei prodotti di reazione sono invece

— Al_2O_3	Kg.	0,133 $\times$	3850	= 513
— CO	»	0,2377 $\times$	943	= 222
— H_2O	»	0,3426 $\times$	3209	= 1100
— N_2	»	0,2867 $\times$	0	= 0
			Kcal	1835

Il calore di esplosione a pressione costante risulta quindi

$$Qp \times 1835 - 692 = 1143 \text{ Kcal/Kg.}$$

Quello di volume costante

$$Qv = 1264 \text{ Kcal/Kg.}$$

Calori specifici temperatura di esplosione

Al_2O_3	0,314	$\times$ 0,1330	= 0,0417	
CO	(0,246 — 67,7/T)	$\times$ 0,2377	= 0,0584	— 16,1
H_2O	(0,943 — 1153 /T)	$\times$ 0,3426	= 0,3240	— 396,0
N_2	(0,234 — 49 /T)	$\times$ 0,2867	= 0,0670	— 14,0
Calore sensibile totale			= 0,4911	— 426,1

Da cui ricaviamo

$$\Delta T = 3190$$
$$T = 3190\ ^{\circ}C = 3463\ ^{\circ}K$$

Forza ne risulta una pressione per densità di caricamento unitaria.

$$f = \frac{1{,}033 \times 3463 \times 845}{273} = 11.100\ Kg/cm^2$$

Caratteristiche sperimentali

— *Densità* 1,14 — 1,20

— *Cavità al blocco di Piombo Trauzl* netto cc 450

— *Sensibilità all'urto alla Berta* cm. 80 circa

— *Sensibilità all'innescamento* detonatore n. 3 della scala Sellier-Bellot

— *Distanza di colpo* cm. 9 con cartucce ∅ 30 × 120

— *Propagazione* dell'esplosione su terreno sciolto oltre 100 cartucce

— *Velocità di detonazione* met. Dautriche 4200 m/sec.

— *Dirompenza* secondo Kast $11100 \times 1{,}17 = 54{,}5 \times 10^6$

TABELLA SCHMID 9

Ritengo opportuno riportare questa tabella di Schmid poichè in essa compaiono alcune voci che mancano nelle precedenti.

I - CALORI DI FORMAZIONE

SOSTANZA	FORMULA	Peso molecole	Calore di formazione	
			kcal./kg.	kcal./mol.
NITRODERIVATI SERIE GRASSA				
Nitrometano	$CH_3 . NO_2$	61	420	25,6
Nitroguanidina . . .	$NH_2.C.NH.NH\ NO_2$	104	173	18
Trimetilentrinitro-ammina (T_4) . . .	$(CH_2 . N . NO_2)_3$	222	96	21,3
ETERI NITRICI				
Nitroglicol	$C_2\ H_4\ (ONO_2)_2$	152	367	56
Nitrodiglicol	$O\ (C_2H_4\ ONO_2)_2$	196	507	99,4
Nitroglicerina . . .	$C_3H_5\ (ONO_2)_3$	227	364	82,7
Pentrite	$C_3\ (H_2\ ONO_2)_4$	316	390	123
Nitrocellulosa . . .				
11,05% azoto	—		754	
11,64% »	—		699	
12,20% »	—		644	
12,81% »	—		605	
13,45% »	—		558	
14,12% »	—		500	
NITRODERIVATI AROMATICI				
Trinitrobenzolo . . .	$C_6H_3\ (NO_2)_3$	213	11	2,3
Dinitrotoluolo . . .	$C_6H_3 . CH_3 . (NO_2)_2$	182	8	6,9
Tritolo	$C_6H_2 . CH_3\ (NO_2)_3$	227	59	13
Dinitrofenolo 2-4 . .	$C_6H_3\ OH\ (NO_2)_3$	184	288	53
Trinitrofenolo . . .	$C_6H_2\ OH\ (NO_2)_3$	229	230	53,5
Trinitroanilina . . .	$C_6H_2NH_2\ (NO_2)_3$	228	118,4	27
Tetranitroanilina . .	$C_6H\ NH_2\ (NO_2)_4$	273	31,1	8,5
Tetranitrometil anilina (tetrile) . .	$C_6H_2(NO_2)_3N.CH_3NO_2$	287	32,4	9,3
NITRODERIVATI AROMATICI				
Trinitrocresolo . . .	$C_6H . CH_3OH\ (NO_2)$	243	217	52,7
Trinitroanisolo . . .	$C_6H_2OCH_3\ (NO_3)_3$	243	182	44,2
Nitronaftalina . . .	$C_{10}H_7NO_2$	173	50,3	8,7
Dinitronaftalina . . .	$C_{10}H_6\ (NO_2)_2$	218	33,5	7,3
Trinitronaftalina . .	$C_{10}H_5\ (NO_2)_2$	263	11,4	3,0
Esanitrodifenilamina .	$(C_6H_2\ (NO_2)_3)_2NH$	439	44,6	19,6

II - CALORI DI FORMAZIONE

SOSTANZA	FORMULA	Peso molecol.	Calore di formazione	
			kcal/kg.	kcal/mol.
INNESCANTI				
Trinitroresorcinato di piombo	$C_6H(NO_2)_3O_2Pb/H_2O$	468	428	200
Azotidrato di piombo	$Pb(N_3)_2$	291,3	364	107
Fulminato di mercurio	$Hg(CNO)_2$	284,6	230	65,4
Fulminato d'argento .	$Ag\ CNO$	149,9	470	70,5
GELATINIZZANTI STABILIZZANTI				
Uretano	$CO . NH_2 . (OC_2H_5)$	89,1	1090	122,3
Difeniluretano . . .	$CO . N . (C_6H_5)_2(OC_2H_5)$	241	287	69
Metilfeniluretano . .	$CO . N . CH_3C_6H_5 OC_2H_5)$	179	202	36
Etilfeniluretano . .	$CO . N . C_2H_5 . C_6H_5 (CO_2 H_6)$	193	446	86
Urea	$CO(HN_2)_2$	60,1	1287	77,3
Difenilurea assim. (acardite)	$CO . NH_2 . N(C_6H_5)_2$	212	5	1
Dietildifenilurea sim (centralite) . . .	$CO . N_2(C_6H_5)_2$	268	13	4
Ftalide	$C_2 H_4CH_2COO$	134	684	92
Ftalato di butile . .	$C_6H_5(COO\ C_4H_9)_2$	278	354	100
Ftalato di amile . .	$C_6H_4(COO\ C_5H_{11})_2$	306	312	1020
Difenilamina	$(C_6H_5)_2 . NH$	169	31	185
Nitrosodifenilamina .	$(C_6H_5)_2 N . NO$	198	71	356
Canfora	$C_{10}H_{16}O$	152	74,9	49,2
COMPOSTI DI METALLOIDI				
Metano	CH_4	16	1150	18,4
Etano	C_2H_6	30	740	22,2
Etilene	C_2H_4	28	539	15,1
Acetilene	C_2H_2	26	2235	58,1
Acido cianidrico vap.	HCN	27	1130	30,5
liq.			937	25,3
Ammoniaca	NH_3	17	617,7	10,5
Idrogeno solforato .	H_2S	34,1	139,6	4,76
Acido cloridrico . .	HCl	36,5	60,2	21,9
Cianogeno vap.	C_2N_2	52	1421	73,9
liq.			1323	68,8
Solfuro di carbonio vap.	CS_2	6,1	334	25,4
liq.			250	19,0
Tetracloruro di carbonio	$C\ Cl_4$	153,8	165	25,4
Fosgene	$COCl_2$	98,9	265	26,2

III - CALORI DI FORMAZIONE

SOSTANZA	FORMULA	Peso molecol.	Calore di formazione	
			kcal/kg.	kcal/mol.
Acqua vap.	H_2O	18	3206	57,7
liq.			3750	67,5
Ossido di carbonio .	CO	28	942,7	26.4
Anidride carbonica .	CO_2	44	2148	94,5
Protossido di azoto .	N_2O	44	409	18
Biossido di azoto . .	NO	30	720	21,6
Perossido di azoto .	NO	46	89,1	4,1
	N_2O_4	92	29,4	2,7
COMPOSTI DI METALLI				
Ossido di magnesio .	MgO	40,3	3616	145,8
Sesquiossido di alluminio	Al_2O_3	101,9	3849	329
Sesquiossido di ferro	Fe_2O_3	159,7	1204	192,2
Ossido di piombo . .	PbO	223,2	237	52,9
Biossido di piombo .	PbO_2	239,2	274	65,5
Ossido di silicio . .	SiO_2	60,1	3247	195
Nitrato di ammonio .	NH_4NO_3	80	1101	88,1
Nitrato di sodio . .	$NaNO_3$	85	1309	111,3
Nitrato di potassio .	KNO_3	101,2	1182	119,5
Nitrato di calcio . .	$Ca(NO_3)_2$	226	99,0	223,7
Nitrato di stronzio .	$Sr(NO_3)_2$	211,6	1040	220
Nitrato di bario . .	$Ba(NO_3)_2$	261,4	872	228
Nitrato di piombo .	$Pb(NO_3)_2$	331,2	326	108,1
Solfato di sodio . .	Na_2SO_4	142,1	2313	328,6
Solfato di potassio .	K_2SO_4	174,3	1976	344,3
Solfato di calcio . .	$CaSO_4$	136,1	2209	300,7
Carbonato di sodio .	Na_2CO_3	106	2567	272
Carbonato di potassio	K_2CO_3	138,2	2026	280
Carbonato di calcio .	$CaCO_3$	100,1	2465	246,6
Clorato di sodio . .	$NaClO_3$	106,5	807,3	86
Perclorato di sodio .	$NaClO_4$	122,5	818,5	106,3
Clorato di potassio .	$KClO_3$	122,6	775	95
Perclorato di potassio	$KClO_4$	138,6	819	113,5
Ossalato di sodio . .	$Na_2C_2O_4$	166,5	1954	324,7
Cloruro di ammonio .	NH_4Cl	53,5	1417	75,8
Cloruro di sodio . .	$NaCl$	58,5	1672	97,8
Cloruro di potassio .	KCl	74,6	1384	103,3
Cloruro di calcio . .	$CaCl_2$	111,0	1721	191,0

CAPITOLO SECONDO

MISURE SPERIMENTALI DEGLI ESPLOSIVI DA MINA E MODI D'OPERARE

Dirò, prima di descrivere le misure sperimentali sugli esplosivi da mina, che pur sapendo di apparire monotono, ho creduto opportuno riportare, come nella Iª Edizione, moltissime prove da me e da altri condotte sugli esplosivi, onde invogliare i giovani esplosivisti, ad approfondire queste prove, ed a scoprire sempre cose nuove.

Ed ecco quindi l'elenco delle prove, la loro descrizione, le osservazioni e i dati essenziali per sapere se un esplosivo è in grado di conservarsi stabile e cioè sicuro e di produrre gli effetti desiderati:

1) Densità
2) Stabilità
3) Trauzl o Blocco di Piombo
4) Velocità di detonazione
5) Saggio di Hess
6) Saggio a cilindro unico
7) Distanza di colpo ed esplosione per simpatia
8) Propagazione della detonazione
9) Sensibilità all'innescamento
10) Determinazione della sensibilità o saggio alla « Berta »
11) Prova della piastra di acciaio
12) Prova di frantumazione della sabbia
13) Temperatura di accensione
14) Mortaio o pendolo balistico (Strengt)

Ritengo opportuno far presente anche qui che, come si vedrà consultando certi dati anche di notissimi studiosi, questi, molte volte non sono d'accordo tra loro e spesso si notano differenze anche molto rilevanti dovute forse al sistema di esecuzione, alla temperatura, al mezzo ecc.

Descriverò ora, il sistema di eseguire ogni singolo saggio, facendo, su ognuno di esso, alcune osservazioni che mi sono state dettate dall'esperienza.

DENSITA'

La densità degli esplosivi da mina ha un'importanza grandissima in quanto è connessa direttamente al risultato delle altre prove, per cui descriverò, in questo capitolo, soltanto il sistema di esecuzione, riservandomi di fare le relative osservazioni negli altri capitoli (vedi distanza di colpo, velocità di detonazione, ecc.).

Modo di operare - Pesata la cartuccia di esplosivo della lunghezza di cm. 15 in questione su una bilancia abbastanza sensibile, la si immerge in un cilindro da 500 cc. graduato in ½ cc. contenente 250 cc. di acqua distillata a 15° C.

L'aumento di volume del liquido darà il volume della cartuccia.

Oltre ad assicurarsi che nelle connessure della carta del bossolo non rimangano bolle d'aria, il che si può ottenere battendo piccoli colpi contro le pareti del cilindro fino a che non si formeranno più bolle, bisogna tener presente che, specialmente per gli esplosivi al nitrato ammonico o polverulenti in genere, tale operazione va fatta con la massima celerità, onde impedire che l'esplosivo, attraverso la carta o le sue connessure, non venga imbevuto d'acqua; meglio paraffinare la cartuccia immergendola in un bagno di paraffina fusa.

La prova si può fare benissimo anche con una bilancia idrostatica normale. Si applica quindi la solita formula:

$$D = \frac{P}{V}$$

in cui:

D = densità assoluta

P = peso della cartuccia

V = volume acqua spostata

Dovendosi poi determinare con precisione densità di polveri di balistite o nitrocellulosa o densità dell'amatolo per uso bellico, occorrono invece appositi apparecchi e distinguere la densità in assoluta e relativa.

La densità assoluta *d* di un corpo è la massa (misurata in grammi) dell'unità di volume. Se il corpo è omogeneo, chiamando *m* la sua massa, *v* il suo volume, la sua densità assoluta *d* sarà, come abbiamo visto:

$$d = \frac{m}{v}$$

Nel linguaggio comune, per densità, s'intende la densità relativa.

Essa è il rapporto tra la massa del corpo e la massa di un egual volume di sostanza di riferimento (in generale acqua distillata a 4°); la densità relativa equivale al peso specifico relativo.

Densità assoluta o reale - E' la densità dei grani, o pezzetti di cui è costituito l'esplosivo e si determina di solito con *metodi picnometrici,* adoperando un liquido, generalmente mercurio, che non abbia azione sull'esplosivo. Essa corrisponde al peso specifico della sostanza, *soltanto che questa non abbia struttura porosa,* nel quale caso invece si ricorre al *Densimetro Bianchi* (fig. 5), il quale è formato essen-

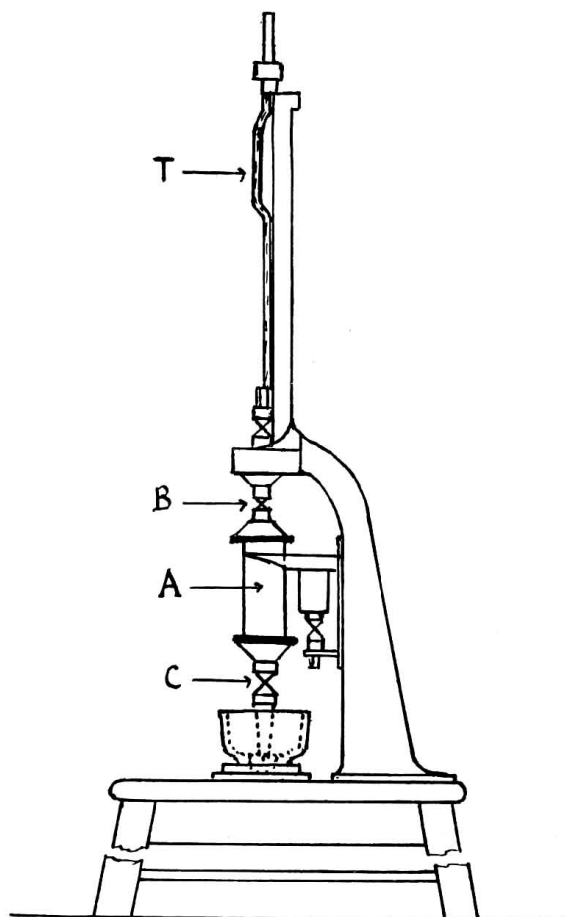



FIG. 5

Densimetro Bianchi.

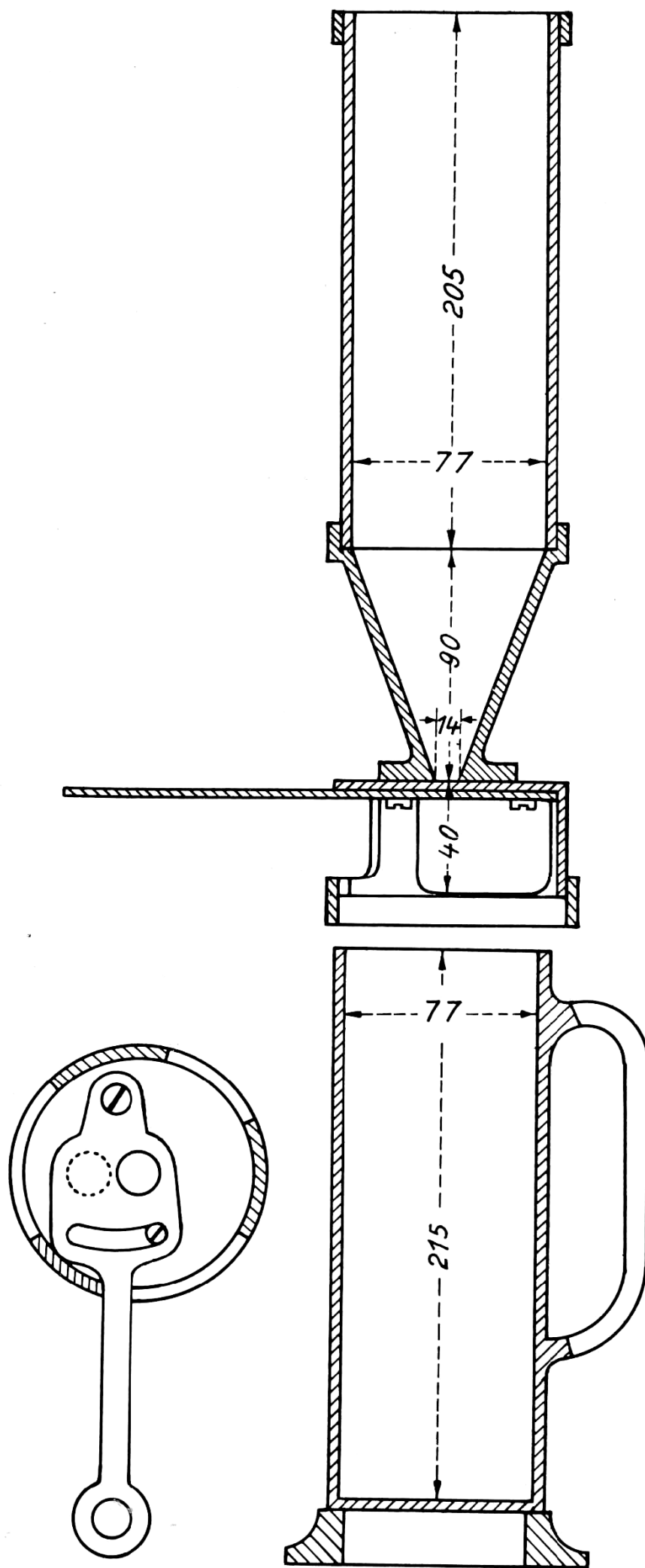



FIG. 6

Gravimetro.

zialmente da un recipiente *A* di vetro robusto, chiuso alle estremità da due rubinetti *B* e *C*; esso può essere adattato verticalmente su di un sostegno, in modo che il rubinetto inferiore *C* che termina in un tubo affilato, vada a pescare in una vaschetta contenente mercurio e il superiore *B* sia collegato ad un tubo verticale graduato *T* la cui estremità superiore comunichi con una pompa a vuoto.

Si opera nel seguente modo:

Si aprono i rubinetti, si estrae l'aria con l'apposita pompa facendo salire il mercurio nel recipiente e nel tubo soprastante: si chiudono i rubinetti, si distacca il recipiente e si pesa pieno di mercurio. Indi, vuotandolo, vi si introduce una quantità di polvere trattenuta da due finissime reticelle presso le aperture, si ricolloca nell'apparecchio, si riempie nuovamente di mercurio estraendo l'aria, e si ripesa.

Per il calcolo si risolve la formula:

$$d = \frac{ps}{P = P' + p}$$

in cui:

d = densità della polvere

p = peso della polvere adoperata

s = peso specifico del mercurio

P = peso del cilindro pieno solo di mercurio

P' = peso del cilindro contenente la polvere e pieno di mercurio.

Il peso specifico *s* del mercurio è di 13,595 a 0°, e si può ritenere diminuisca di ogni grado di temperatura al disopra di 0° di 0,0025; ad ogni modo ogni apparecchio deve essere provvisto di una apposita tabella di correzione.

Densità apparente o gravimetrica - Si chiama anche *peso del volume* ed è il peso della polvere che occupa l'unità di volume, compresi gli spazi che rimangano tra i grani e i pezzi; aumenta naturalmente con la densità reale e varia con la grossezza e forma dei grani. Questa è la densità gravimetrica che regola le condizioni del caricamento nelle armi, e specialmente per le polveri da fucile. Si determina per mezzo del *gravimetro*. Per avere risultati concordanti, occorre adoperare un apparecchio di forma e dimensione determinata, e procedere sempre nello stesso modo.

L'apparecchio (fig. 6) comprende un recipiente cilindrico *A* di rame o di bronzo o di alluminio della capacità di un litro (diametro interno mm. 77, altezza interna mm. 215), sormontato da un altro recipiente *B* pure di rame o di bronzo a forma di cilindro (diametro mm. 77 e 14), la cui apertura inferiore (di 14 mm. di diametro) si può aprire e chiudere spostando lateralmente un coperchio a leva, e dista 40 mm. dall'orlo superiore del recipiente sottostante.

Modo di operare. Nel recipiente superiore si versa la polvere da controllare, empiendolo fino all'orlo e portandone via l'eccesso con una spatola; indi si apre inferiormente mediante la leva, lasciando scendere liberamente la polvere nel cilin-

dro sottostante, dal quale, senza comprimere nè agitare, si porta via l'eccesso col fare scorrere sugli orli una lama diritta; indi si pesa.

Sottraendo il peso del cilindro vuoto, si ha il peso di un litro di polvere. Questa operazione ha bisogno di molta precisione; la minima disattenzione o noncuranza può falsare la misura aumentando il numero dei grani e quindi il peso.

Come regola generale ricorderò soltanto che gli eplosivi da mina polverulenti è bene non abbiano mai densità inferiore a 0,95-1, e gli esplosivi gelatinosi non inferiore a 1,3-1,4. Ad ogni modo su tale argomento parlerò a lungo e dettagliatamente in seguito.

STABILITA'

Questo saggio è importantissimo per tutti gli esplosivi, ma particolarmente per quelli a base di eteri nitrici della glicerina e della cellulosa e serve per determinare il limite di decomposizione dell'esplosivo. Tali metodi sono tutti fondati sulla resistenza che oppongono al calore gli stessi esplosivi. L'inizio della decomposizione, che conduce sempre allo sviluppo di vapori nitrosi, viene svelato da cartine o reattivi più o meno sensibili.

I saggi di stabilità si possono dividere in due grandi gruppi: nel primo, tra cui il più diffuso è il saggio Abel, si devono comprendere quelli che misurano il tempo necessario a svelare lo svilupparsi, sotto l'influenza del calore, di vapori nitrosi; nel secondo quelli che determinano quantitativamente per unità di tempo, i prodotti della decomposizione.

Quelli che praticamente interessano di più sono i primi, mentre i secondi servono soprattutto per lo studio teorico-sperimentale della stabilità degli esplosivi.

In tutti i saggi di stabilità al calore non si tiene conto dell'acidità presente nell'esplosivo prima del riscaldamento, per quanto, come vedremo, le condizioni in cui si eseguiscono i predetti saggi, abbiano un'influenza notevole su di essi; per es. è notorio che il grado di umidità influisce grandemente sul saggio Abel, e così pure molte volte, le condizioni atmosferiche del giorno in cui viene fatto il saggio (vedi diagrammi 1-A, 1B, 1C, 1E, 1F) a pag. 71.

Questa prova di resistenza al calore, si basa sul fatto che i vapori nitrosi che si svolgono dall'esplosivo in esame, colorano una cartina amido-jodurata in bruniccio per passare poi al viola. Tale colorazione è dovuta alla liberazione dello jodio, causata dalle impurezze e dai prodotti di decomposizione dell'esplosivo.

Saggio Abel - Si eseguisce in un locale sufficientemente illuminato o naturalmente o artificialmente a pareti bianche o azzurrine, lontano

da vapori acidi o alcalini, con materiale perfettamente pulito e possibilmente passato alla fiamma, in un recipiente o di vetro o di metallo (generalmente rame o alluminio), di forma tronco conica rovesciata o rettangolare con un tutto pieno laterale *A* in modo che l'acqua, aumentando di volume durante il riscaldamento, possa fuoriuscire (fig. 7).

Sul fondo del recipiente si mette una sorgente di calore, generalmente una resistenza elettrica *R* in modo che possa riscaldare l'acqua con la quale si dovrà riempire il recipiente, che verrà coperto con un coperchio portante dei fori delle dimensioni di mm. 16 di diametro per introdurvi le provette. Al bagno, naturalmente, si può applicare un interrutore automatico regolabile che potrà scattare alla temperatura voluta e cioè o a 66° o a 80°. Al centro del recipiente, in un apposito

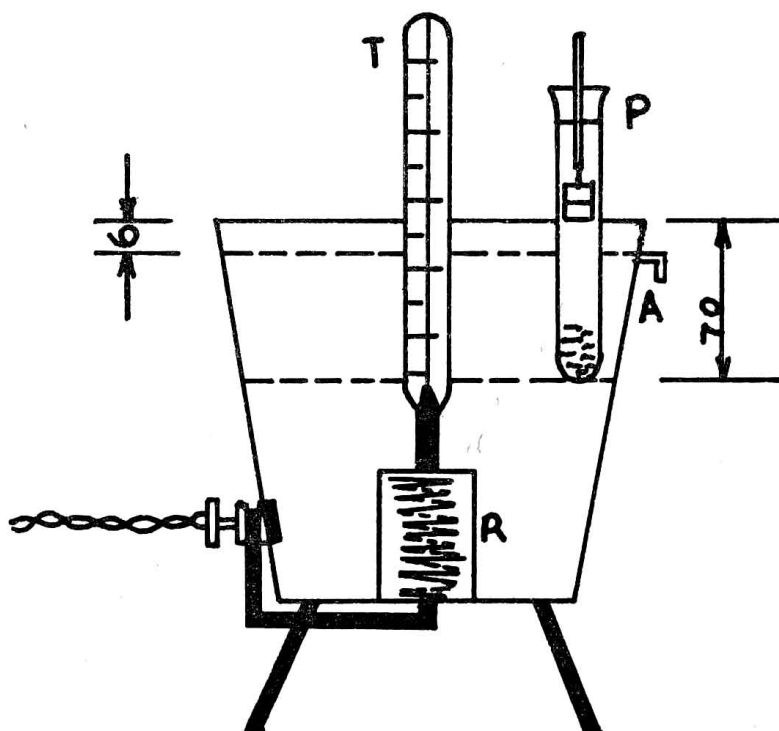



FIG. 7

Bagno per saggio Abel.

foro, andrà infisso il termometro T. A 70 mm. dal bordo del recipiente, verrà appoggiato su una piccola sporgenza, un diaframma forato o di rame o di alluminio, sul quale appoggeranno le provette.

La prova va sempre eseguita almeno su due provette, meglio su tre.

Il saggio si eseguisce immergendo le apposite provette *P* in cui sono stati versati 2 gr. di esplosivo tagliuzzato in pezzi minuti (presso a poco la grossezza di un grano di riso trattandosi di esplosivi gelatinosi, o in polvere trattandosi di esplosivi polverulenti), nel recipiente pieno d'acqua a 80° o a 66°. Generalmente però il saggio si fa a 80°, escluso per gli esplosivi con tritolo che invece si eseguisce a 66° in quanto questo composto, a 80°, comincia a fondere.

Occorre tenere presente che è bene che l'esplosivo, mentre si versa nella provetta, non tocchi le pareti della medesima, cioè che si può ottenere facilmente tagliando un rettangolo di carta, possibilmente paraffinata a bordi smussati e, dopo averlo arrotolato, infilarlo nella provetta nel senso della lunghezza, tenendo il tutto orizzontale.

Fatta tale operazione, basta portare la provetta in senso verticale. Tolto il tubetto di carta, sul fondo rimarrà l'esplosivo. (Per la stabilità della nitroglicerina, come si vedrà, il sistema è un po' diverso).

I tubi di assaggio devono avere le seguenti dimensioni:

Spessore . . .	mm.	1
Diametro interno	»	14
Altezza . . .	»	140

chiusi da tappi molto puliti o di sughero o di gomma attraversati da una bacchetta di vetro alla cui estremità è saldato un gancetto o di un filo di platino o fuso con lo stesso vetro della bacchetta, al quale si appende, dopo averlo forato, un rettangolino di carta amidojodurata (salda d'amido e ioduro di potassio).

In Germania, il saggio Abel si eseguisce adoperando delle cartine amido Jodurate con joduro di Zinco, che sono più sensibili. Per preparare le cartine, si trattano gr. 4 di amido con poca acqua, aggiungendo tale liquido lattiginoso in una soluzione di cloruro di zinco in 100 cc. di acqua bollente fino a che non si è disciolta la maggior parte di amido e la soluzione non diventa chiara, il che avviene non prima di due ore aggiungendo ogni tanto un pò d'acqua. A questa soluzione si aggiungono 2 gr. di joduro di zinco preparato di fresco, diluendo fino a un litro e filtrando. La cartina amido-jodurata che si appende al gancetto deve avere le seguenti dimensioni: mm. 20 x 10, deve essere inumidita con una bacchetta di vetro al bordo superiore cioè a quello di dieci mm. e per una profondità di 10 mm. con una soluzione acquosa di glicerina purissima 50/50.

E' logico che tutte queste operazioni vanno eseguite dopo un accurato lavaggio delle mani, con le quali non si toccherà mai la cartina amido-jodurata che andrà invece sempre tenuta con una pinza molto pulita e forata con un punteruolo, per poterla appendere al gancetto, anche esso molto pulito e passato prima alla fiamma. Insisto nel ripetere che tali precauzioni di pulizia hanno un'importanza grandissima. Non osservando tali norme è facile incorrere in grossi errori. Basti pensare che questo saggio è capace di svelare, secondo Will ed Egerton, gr. 0,0000016 di acido nitroso in 100 gr. di esplosivo.

Il tappo e la cartina vengono messi nel tubetto in modo che solo il gancetto sporga dalla superficie inferiore del tappo, e quindi si introduce nel bagno già riscaldato a 80° o a 66°. Dopo pochi secondi si alza lievemente il tappo perchè l'aria dilatatasi dentro il tubo non lo faccia saltar via e non renda opaco l'interno del tubetto. Dopo 5 minuti si abbassa la bacchetta, fino a che la carta non sporga che 15 mm. circa dal coperchio del recipiente. Ad un dato momento la cartina comincia ad ingiallire e quindi ad imbrunire fino ad assumere un colore azzurro violaceo.

I risultati si esprimono in minuti primi dal momento in cui il tubetto è stato messo nel bagno, al momento in cui la cartina comincia ad ingiallire. Un buon esplosivo a base di nitroglicerina sia gelatinoso che polverulento, dovrà avere una stabilità non inferiore a 18'. Tali regole valgono anche per le balistiti e le nitrocellulose.

Nel 1954 però sono stati prescritti dall'Autorità Militare Italiana i seguenti limiti di stabilità Abel:

Nitroglicerina	14'	Solenite	16'
Nitrocellulosa	16'	C_2	35'
NAC	25'	Polveri alla nitrocellulosa	30'
Balistite	16'		

Saggio Angeli - Esso è adoperato per le polveri senza fumo a base di eteri nitrici che contengono dei solventi (acetone, alcool, etere) o sostanze stabilizzanti. In questo caso non è consigliabile l'Abel perchè la reazione dei vapori è ritardata o addirittura impedita.

Tale saggio differisce dagli altri perchè si fa a temperatura ordinaria, svelando con un indicatore sensibile la presenza di prodotti acidi di decomposizione dell'esplosivo. L'indicatore adoperato è il *p-dimetilaminoazobenzolo.*

Per eseguire il saggio si introduce circa 1/2 gr. di esplosivo tagliato in pezzetti sottili o grattugiato o in squame, in un tubo da saggio ben pulito, si sbatte con acqua addizionata di poche gocce di una soluzione di alcool allo 0,2% di p-dimetilaminoazobenzolo, si agita energicamente e si scalda a 40-50° continuando l'agitazione finchè il liquido non sia colorato, indi si lascia in riposo. Se entro 24 ore le squamette dell'esplosivo restano colorate in giallognolo, è segno che non sono acide e sono ben conservate; se assumono un colore arancione, sono appena acide; se si colorano anche parzialmente in rosso, sono acide e l'esplosivo è alterato.

Dopo l'Abel, altro saggio importante è il *tedesco.* Quest'ultimo è somigliante all'Abel, con la differenza che le provette sono più lunghe, inoltre si adopera una cartina al *metil-violetto* sospesa alla distanza di 2 cm. dall'esplosivo. Si scaldano gr. 2,5 dell'esplosivo in esame a 120° e quindi si aspetta che la cartina diventi di uniforme color rosa salmone.

Per altri saggi, usati solo in casi particolari, vedere la Tab. 10.

Osservazioni sui saggi di stabilità - Credo abbastanza interessante riportare alcune osservazioni che ho potuto fare in esperienze da me condotte col saggio Abel. La sensibilità della reazione può essere influenzata dalla maggior o minore sensibilità della carta reattiva, cioè dal modo in cui questa è preparata e dal tempo passato dalla sua fabbricazione al suo uso, e dal modo in cui è stata conservata. *Generalmente le validità delle cartine amido-jodurate non supera i tre mesi.* Le cartine avvolte in carta da filtro, vanno conservate in scatolette chiuse ermeticamente e lontane da vapori acidi od alcalini. Anche la quantità di esplosivo adoperata per il saggio e la sua densità nella provetta, hanno molta importanza.

TABELLA 10

SAGGI DI STABILITA' SUGLI ESPLOSIVI

Denominazione	*Fenomeno osservato e modalità di misura*	*Temperatura*	*Reagenti*	*Peso esplosivo*	*Tempo*
Abel	Sviluppo prime tracce vapori nitrosi det. qualitativa su cartina	66°- 80°- 90°	KJ + amido	g 1,3-5	una sola misura in minuti inizio sviluppo
Abel in Germania	Sviluppo prime tracce vapori nitrosi det. qualitativa più sensibile	»	ZnJ + amido	g 1,3-5	una sola misura in minuti inizio sviluppo
Guttmann	Sviluppo prime tracce vapori nitrosi det. qualitativa meno sensibile	»	difenilamina	g 1,3-5	una sola misura in minuti inizio sviluppo
Spica	Sviluppo prime tracce vapori nitrosi det. qualitativa più sensibile	»	m-fenilendiamina	g 1,3-5	una sola misura in minuti inizio sviluppo
Hoitzema	Sviluppo prime tracce vapori nitro in corrente di CO_2, qualitativa	inizialm. alta, poi decresc. di 10°	difenilamina		misure ripetute più volte ogni 15'
Hess	Fasi successive fino ad infiammazione, qualitativo	70°	KJ + amido		molto lungo, 5 fasi
Vieille	Sviluppo prodotti acidi, poco sensibile	110°	tornasole	10 g	10 ore per più giorni alterni
Simon-Thomas	Sviluppo vapori nitrosi rossi visibili per le nitrocellulose	95°	—	2,5 g	8 ore più giorni consecutivi
Tedesco	Sviluppo prodotti acidi, poi vapori nitrosi, poi infiammazione, visivo	120°	tornasole		
Lenz-Pleus	Sviluppo vapori nitrosi visibili	95°	—		continuo
Bergmann-Junk	Determin. prodotti nitrosi (NO) raccolti in acqua, quantitativa	132°		2-3 g	2 ore

Denominazione	*Fenomeno osservato e modalità di misura*	*Temperatura*	*Reagenti*	*Peso esplosivo*	*Tempo*
Mayrhofer	Determin. prodotti nitrosi raccolti in soluzione KJ, quantitativa	132°		2 g	2 ore
Will	Determin. volumetrica N_2 (riduz. di NO) continuam. sviluppato	135°			4 ore
Sy	Perdita di peso	115°			8 ore per 6 giorni
Abel-Hey-Mittasch Duprè	Misura della pressione dei gas di decomposizione	—	sottovuoto		
Obermuller	Misura pressione gas sviluppato, raccolto su mercurio con continuità	140°	sottovuoto		
Taliani	Misura pressione gas sviluppato, raccolto su paraffina	120°-135°	sottovuoto	1,3 g	ogni 5', misure ripetute fino a 300 mm Hg
Olandese	Perdita di peso	100°-105°		5 g	8-72 ore
Meerscheidt - Halles Heim	Misura volume gas sviluppato per spostamento paraffina	120°			
Hausen	Misura potenziometrica pH estratto acquoso, curva pH/Tempo	110°			1 ore × 8 volte
Lecorchè - Metz	Misura potenziometrica pH estratto acquoso, curva pH/Tempo	110°		10 × 5 g	10 ore per più giorni
Grottanelli	Misura pH della condensa all'uscita	70°-85°	corrente aria umida	500-1000 g	
Angeli	Primi prodotti acidi decomposizione - estremamente sensibile determinati calorimetricamente	10°-20°	dimetilaminoazobenzene	0,1-0,5 g	
S. Te. A.	Saggio della reazione della difenilamina per polveri alla difenilamina	»		0,1-0,5 g	

Denominazione	*Fenomeno osservato e modalità di misura*	*Temperatura*	*Reagenti*	*Peso esplosivo*	*Tempo*
Lecorchè - Jovinet	Saggio della reazione della centralite, per polveri alla centralite	»	H_2SO_4-NaOH-KCN *a* - naftilamina		
Tomonari	Estraz. dei prodotti acidi con meta nolo e titolazione	»	NaOH + metilrosso		
Hess	Misura innalzamento temperatura per reazioni esotermiche - decomposizione	70°	termostato		
Waltham Abbey Silvered Vessel	Misura tempo necessario ad innalzamento temperatura di 2° in vasello argentato isolato, eventuali vapori nitrosi	80°		g 59	600 - 3000 ore
Taylor	Innalzamento massimo di temperatura	135°		g 4,5	40-60 minuti
Chiaroviglio - Corbino	Misura gas sviluppati sottovuoto da nitrocellulosa	10° Ca			
Pollard	Raccolta NO in soluzione colloidale Ag0, misura nefelometrica	10° Ca			

DIAGRAMMI 1-1A - 1B - 1C - 1D - 1E - 1F

1) Gomma fabbricata il 28-11-939 con Ngl. avente la stabilità di 23'- alcalinidà di 0,017. Le cartine amido jadu
della Marina sono state sempre pre
dallo stesso pacchetto.
Giorno
28 30 2 6 12 14 18 29 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 17 18 20
30'
25'
20'
15'
10'
Minuti
1C
2) Gomma fabbricata il 28-11-939 con Ngl. avente la stabilità di 15'- alcalinidà di 0,02. Le cartine (come sopra)
Novembre
Dicembre
Gennaio
28 30 2 9 12 14 18 29 30 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
30'
25'
20'
15'
10'
1D
3) Gomma fabbricata il 24-11-939 con Ngl. avente la stabilità di 20'- alcalinidà di 0,0016. Le cartine (come sopra)
Novembre
Dicembre
Gennaio
24 25 28 30 5 7 12 14 18 29 30 2 3 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
30'
25'
20'
15'
10'
1E
4) Gomma fabbricata il 9-12-39 con Ngl. avente una stabilità di 13' e un'alcalinidà di 0,001
12 13 18 28 29 30 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 16 20 21 22 23 24 25 26 31 1 2 3 4 5
30'
25'
20'
15'
10'
Nuvolo
Vento
Piove
Sole
Sole
Sole
1F

Riporterò i risultati di alcuni esperimenti eseguiti in proposito a 80° e a 66°. Sui diversi tipi di esplosivi ho condotto le prove in tre modi e cioè:
con 2 gr. di esplosivo versato regolarmente dentro la provetta;
con 2 gr. di esplosivo pigiato dentro la provetta;
con 3 gr. di esplosivo senza pigiarlo.

L'esplosivo pigiato e quindi più denso, ha dato una stabilità media di 3-4 minuti primi inferiore al primo saggio. Con le provette contenenti 3 gr. dello stesso esplosivo si è avuta una stabilità media di 3' inferiore a quelle che ne contenevano 2.

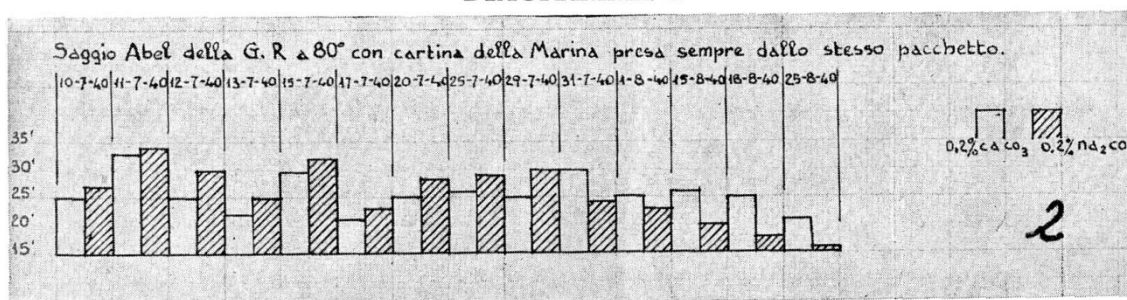
Per dare un'idea delle stabilità che si riscontrano negli esplosivi alla nitroglicerina e che hanno dato luogo a diverse polemiche tra gli studiosi di questi problemi riporterò alcuni diagrammi da me compilati sulla stabilità della gomma A Diagrammi 1-1A-1B-1C-1D-1E-1F.

In tutte le diverse prove da me eseguite su tale esplosivo, il quale, oltre ad essere il più potente era uno dei più importanti adoperato anche dal Genio Militare, ho notato che la stabilità diventa costante soltanto dopo oltre un mese dalla sua fabbricazione e ciò si può vedere bene analizzando i diagrammi.

A titolo informativo aggiungerò che le mie esperienze sulla stabilità degli esplosivi non si sono rivolte soltanto su quelli fabbricati con nitroglicerina, ma anche, pur non avendo molta importanza, su quelli tipo Dinamon cioè a base di nitrati, perclorati, alluminio, siliciuro, ecc. Ho potuto constatare che in detti esplosivi, a causa dei loro componenti, si hanno stabilità bassissime che vanno dai 5' ai 12'. Con l'aggiunta dello 0,5% di carbonato di calcio, si può raggiungere, mantenendola, una stabilità di 15'-18'.

Altre notizie interessanti la stabilità, si possono trovare più avanti nel capitolo riguardante il nitrato ammonico e il nitrato sodico. L'aggiunta anche dello 0,5% di carbonato di sodio, invece sviluppa al contatto del nitrato ammonico che è il sale base degli esplosivi da mina polverulenti, una tale quantità di sali ammoniacali da rendere, durante la fabbricazione, l'aria degli ambienti quasi irrespirabile, e la durata della sua influenza si riduce a qualche giorno; si ha anche un danneggiamento, come ho avuto occasione di constatare, dell'esplosivo, le cui cartucce si induriscono, portando un incaglio non indifferente anche nel lavoro di miniera.

Aggiungendo la soda negli esplosivi gelatinosi a base di nitroglicerina, questi, dopo un pò di tempo, perdono elasticità e possono anche trasudare nitroglicerina, il che è molto pericoloso. Mi sembra molto interessante la consultazione del diagramma N. 2 che riporta una prova eseguita dall'autore, nella quale si vede chiaramente la differenza tra l'aggiunta dello 0,2% di $CaCO_3$ e del Na_2CO_3 nella Grisutina.

DIAGRAMMA 2

Si può avere trasudamento di nitroglicerina, anche nel caso in cui l'esplosivo sia stato confezionato con nitroglicerina troppo alcalina e cioè non lavata bene.

Nelle gelatine a base di binitrotoluolo o in cui vi sia una percentuale un po' elevata di binitrotoluolo, si ha un indurimento tale delle cartucce da renderle inservibili dopo poco tempo.

In prove da me eseguite e che ho ripetuto molte volte, ho potuto constatare che il carbonato di calcio, non in misura superiore al 0,5% non danneggia affatto l'esplosivo. Danneggia soltanto quegli esplosivi poco sensibili, tipo amatolo, cioè a base di nitrato ammonico e tritolo, in quanto fa loro diminuire la distanza di colpo che è già minima, e cioè non superiore a 3-4 cm.

A parte queste osservazioni di carattere puramente sperimentale, ritengo opportuno insistere sull'importanza dell'argomento che ha carattere basilare specialmente per gli esplosivi da mina e da lancio a base di nitroglicerina.

La stabilità si può definire la maggiore o minore attitudine che in condizioni normali una sostanza esplodente ha per conservarsi inalterata sia nel suo stato fisico che chimico. *E' da notare inoltre che, tanto più un esplosivo perde la stabilità, tanto più diminuisce la sua potenza e la sua efficacia.*

Le cause principali che influiscono sulla stabilità di un esplosivo, sia dal lato fisico che chimico, sono le seguenti: la natura e la lavorazione dell'esplosivo.

Ogni esplosivo, di qualsiasi tipo esso sia, ha bisogno di una lavorazione minuziosa e accurata, senza la quale i prodotti ottenuti perdono non solo di potenza, ma anche di stabilità diventando pericolosi. Per es. negli esplosivi a base di nitroglicerina, se su quest'ultima non sono state eseguite tutte le operazioni di lavaggio, purificazione, ecc. vale a dire tutte le operazioni di stabilizzazione, dopo un certo tempo, gli esplosivi con essa fabbricati, si decompongono dando origine a vapori nitrosi. L'autoaccensione è data appunto dal calore prodotto dalla decomposizione dell'esplosivo, e ciò si verifica specialmente negli esplosivi di lancio tipo balistiti, polvere B, ecc. e qualche volta negli esplosivi da mina. Anche la presenza nell'esplosivo di sostanze non perfettamente eliminate servite per la fabbricazione, quali acidi, solventi ed altre impurità, può essere causa di instabilità. Inoltre possono influire contatti avuti con altre sostanze che possono provocare pericolosi composti chimici.

Il calore, in molti esplosivi, provoca la decomposizione, in altri la separazione dei vari componenti; la luce può essere dannosa specialmente per il tritolo che, da giallo, diventa appunto a causa della sua decomposizione, rossiccio. Altra causa è l'umidità che conduce ad una completa trasformazione di alcuni esplosivi attenuandone la sensibilità e rendendoli, qualche volta, addirittura inerti.

Concludendo, credo di non esagerare, affermando che la stabilità è una delle cose più importanti che si devono osservare durante la confezione di un esplosivo e specialmente su quelli a base di nitroglicerina. Per ottenere una stabilità perfetta o quasi, è bene, prima di tutto, effettuare una rigorosa scelta delle sostanze da lavorare, sottoponendole a prove severe di analisi in laboratorio, e seguire le varie lavorazioni nelle operazioni di stabilizzazione.

Per questi esplosivi aventi, per natura, bassa stabilità, in particolare negli esplosivi di lancio tipo balistiti e nitrocellulose, si potranno aggiungere, per impedire il verificarsi di reazioni pericolose, piccolissime quantità di *stabilizzanti* che possono essere anilina, difenilammina, canfora, cloruro di mercurio, aldeide formica, ecc. come si dirà in seguito.

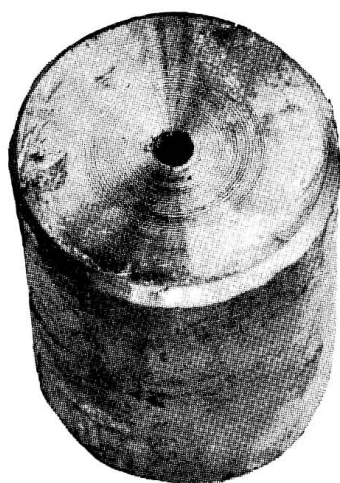
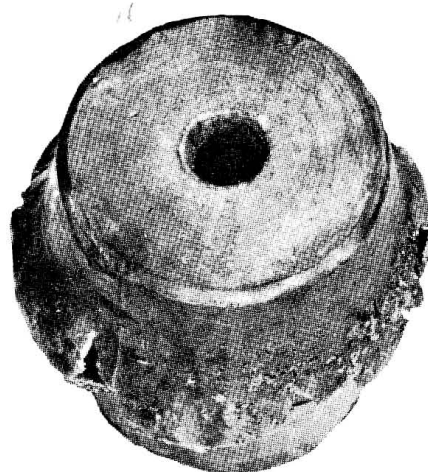
Tali sostanze hanno la proprietà di impedire il verificarsi di reazioni pericolose sia con la diretta protezione dell'esplosivo, sia con l'assorbire i composti pericolosi qualora si formassero.

Nei depositi di esplosivi quindi, dovrà essere verificata molto spesso la stabilità dei prodotti ivi conservati, eseguendo sia saggi di resistenza al calore che saggi di ricerca di acidità.

L'aggiunta però di stabilizzanti negli esplosivi da mina non è consigliabile, poichè la stabilità con tali espedienti, non solo è fittizia, ma è generalmente dannosa.

METODO DEL TRAUZL O DEL BLOCCO DI PIOMBO

Tale prova consiste nel far esplodere l'esplosivo in esame in un blocco del più puro piombo tenero, detto Trauzl dal suo scopritore, munito di una cavità nella quale si mette la carica dell'esplosivo con la capsula (fig. 10).

FIG. 10 - Trauzl.

Prima dello sparo.

Dopo lo sparo.

Nell'esecuzione di questo saggio si deve tener presente che il piombo, in seguito a fusioni molto frequenti, diviene più duro. Il piombo impiegato per la fabbricazione dei blocchi non può quindi essere fuso molte volte, al massimo tre, ma deve essere, di tempo in tempo, rinnovato;

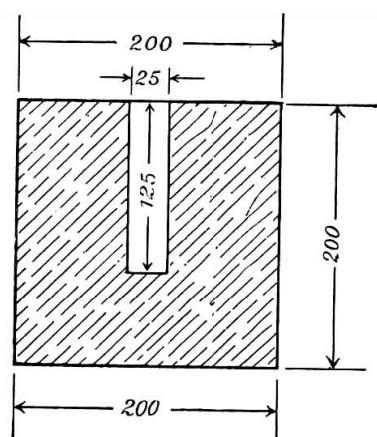



FIG. 8

Blocco di piombo Trauzl.

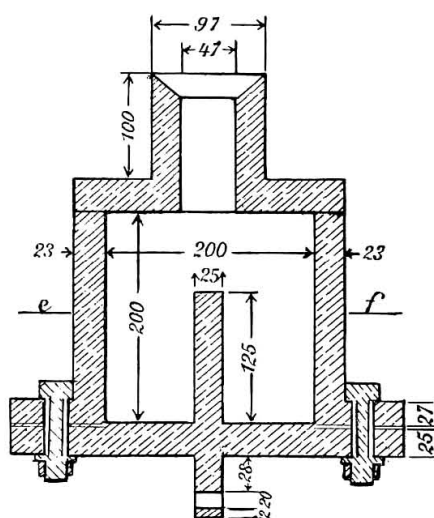
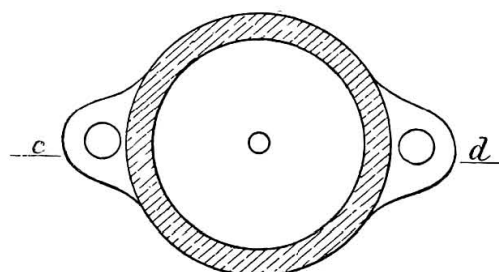
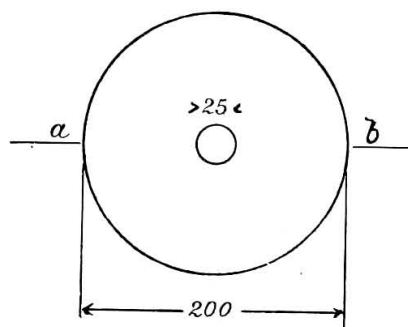



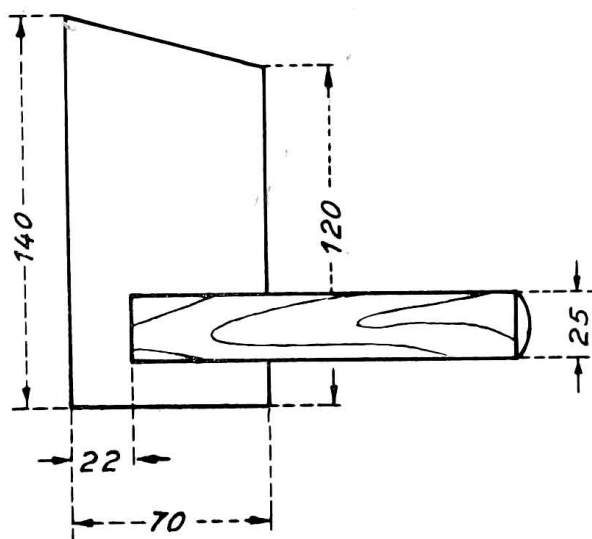
FIG. 9

Stampo per Trauzl.

La temperatura di fusione del piombo ha notevole influenza, poichè essa non deve superare i 500°; secondo il Bayling, è particolarmente adatto allo scopo il mantenimento di una temperatura di circa 400°. Tale fusione si può fare o in un apposito forno o in un recipiente in ghisa, colando il piombo in stampi che ognuno può costruire come meglio crede, e cioè in uno o due pezzi (fig. 9). Nell'esporre il metodo di esecuzione del saggio, io mi atterrò al metodo internazionale che è più comunemente usato, non tenendo calcolo quindi nè del metodo francese, nè di quello di M. Neubner, ambedue piuttosto laboriosi.

L'esplosione si provoca o con l'accensione elettrica o con l'accensione a miccia. Il volume della cavità, si misura dalla quantità di acqua necessaria per riempirla. E' bene che la prova venga fatta per confronto con un esplosivo di cui si conosca esattamente il trauzl.

Per il saggio, si adopera un blocco di piombo puro e fuso in modo che non si formino caverne, del diametro di 200 mm. e dell'altezza di 200 mm. Nell'asse di questo cilindro vi è una cavità della luce di 25 mm. e della profondità di 125 mm. (fig. 8). Nella cavità del blocco di piombo si introducono, per il saggio, 10 gr. dell'esplosivo in esame incar-

FIG. 12

Calcatoio per bossoli per Trauzl.

tucciato in un bossolo di stagnola ricavato da un foglio del peso di gr. 80-100 mq., preparato in precedenza con trapezi di stagnola, avvolgendoli intorno al calcatoio come risulta dalla Fig. 12 e ripiegando la parte che sopravanza in modo di chiudere bene il cilindro di stagnola, affinchè contenga l'esplosivo come in cartuccia.

A questo punto si prepara un detonatore del n. 8 o elettrico o con una miccia a lenta combustione; la lunghezza della miccia sarà di circa 25 cm. o meglio 30 cm. che varierà quando si devono fare diverse prove

in modo di dare tempo all'operatore di accendere la miccia con tranquillità e sicurezza; se l'esplosione si fa elettricamente, tanto meglio. Si introduce il detonatore ben dentro l'esplosivo e si avvolge intorno alla miccia la stagnola in modo che la capsula non si sfili.

Accertato che il foro del trauzl sia asciutto e, presa la temperatura immergendovi un termometro, vi si introduce con precauzione la cartuccia che sarà facilitata nel raggiungere il fondo del foro, infilando la miccia nell'anima di un calcolatoio di legno. Si comprime in modo che la cartuccia aderisca bene al fondo, si sfila il calcatoio con l'avvertenza di non trascinarsi dietro la cartuccia o la miccia, indi si versa la sabbia prima calcinata e raffreddata passante attraverso un vaglio di 144 maglie per cmq. e il cui ordito deve essere composto di fili dello spessore di mm. 0,35 e avente come densità gravimetrica 1400-1500 gr. per litro fino all'orlo senza comprimerla. Si accende e, a detonazione avvenuta, dopo essersi assicurati che nella cavità non vi siano residui di sabbia o di esplosivo, si versa in essa la quantità di acqua contenuta nel cilindro graduato previamente riempito; il numero di cc. di acqua che questa cavità contiene, ci dà la potenza dell'esplosivo.

Togliendo da tale espansione lorda il volume della cavità originale (61,3 cc.) e quella del detonatore (cc. 17) cioè complessivamente cc. 78,3, si ha l'espansione netta che viene considerata generalmente come espansione del blocco di piombo.

La temperatura sia dell'acqua che del trauzl dovrà aggirarsi intorno ai 15°. Ad ogni modo ritengo opportuno riportare la **tabella di Kast**, in cui si danno le opportune correzioni:

TABELLA 11

Temperatura	Correzione	Temperatura	Correzione
— 10	+ 6,25	+ 20	— 1,25
— 5	+ 5,00	+ 25	— 2,50
0	+ 3,75	+ 30	— 3,75
+ 5	+ 2,50	+ 35	— 5
+ 10	+ 1,25	+ 40	— 6,25
+ 15	0,00		

Queste prove vanno eseguite all'aperto su terreno battuto e non soffice, l'operatore dovrà allontanarsi almeno di 20 m. ed è bene farle sempre con un esplosivo campione. Il trauzl, appena finita la prova, è bene rovesciarlo onde evitare che, all'atto della rifusione, non rimanga

acqua nel foro che potrebbe essere causa di spruzzi pericolosissimi per gli operai all'atto di gettare il blocco nella pentola di fusione.

Ritengo interessante riportare una tabella **con i risultati netti** ottenuti dallo Stettbacher con blocco originale Trauzl, con alcuni esplosivi.

TABELLA 12

Nitroglicerina	cc.	550
Nitroglicol	»	600
Gelatina esplosiva	»	580
T_4	»	520
Pentrite	»	473
Tetranitroanilina	»	430
Fulmicotone secco	»	420
Tetrile	»	390
Tetrazene	»	156
Acido picrico	»	305
Tritolo	»	295
Cheddite	»	290
Fulminato di mercurio	»	150
Azotidrato di piombo	»	115
Polvere nera	»	30-40
Binitrotoluene	»	190
Diazodinitrofenolo	»	325

Osservazioni concernenti la prova del trauzl - Il saggio trauzl è, da taluni, considerato come una prova di potere dirompente. Ho potuto rilevare invece che una simile concezione è errata, inquantochè i valori forniti dai blocchi di piombo, sono indipendenti dalla densità e dalla velocità di detonazione della carichetta esplosiva. Ho fatto diverse prove in proposito millimetrando il calcatoio e comprimendo più o meno l'esplosivo dentro il foro. Nel risultato non ho notato praticamente alcuna differenza da potersi prendere in considerazione. Ho invece notato una differenza di 5-10 cc. in più comprimendo la sabbia.

Haid e Koenen hanno eseguito delle prove con carichette di tritolo tutte di ugual forma e volume ma aventi densità crescenti e di conseguenza velocità di detonazione pure crescenti.

I risultati ottenuti sono compendiati dalla tabella seguente ove si può notare che i valori degli svasamenti riferiti ad un gr. di esplosivo, tra loro sono ben poco diversi nonostante la sensibile differenza di densità e quindi di pressione d'urto.

Densità	Peso gr.	Svasamento cc.	Svasamento riferito ad 1 gr. di esplosivo
1,00	7,75	240 - 250	37,1
1,29	10,00	338 - 342	34,0
1,45	11,3	284 - 386	34,2
1,58	12,2	397 - 399	33,2

Posso riportare in proposito una tabellina ricavata da prove da me eseguite al trauzl col calcatoio millimetrato.

Esplosivo Dinamon 1

Densità	= 1,03	Trauzl	= 470 cc.
»	= 1,08	»	= 470 »
»	= 1,10	»	= 475 »
»	= 1,15	»	= 475 »

A mio avviso il trauzl permette la classifica degli esplosivi, non la misura del lavoro che essi sono suscettibili di produrre.

La ragione per cui il trauzl non può fornire una misura sicura, va ricercato nel fatto che gli svasamenti non sono proporzionati alle cariche in conseguenza dell'assotigliamento delle pareti del blocco, per cui la resistenza decresce con l'aumentare della cavità. Per cariche deboli e per esplosivi poco potenti, l'influenza dell'innesco, come dirò, può divenire preponderante, mentre, per gli esplosivi con espansione elevata, si hanno risultati più alti del normale. Ho notato inoltre che si hanno valori confrontabili quando l'espansione non vada oltre i 400 cc. e che l'espansione del blocco di piombo è direttamente proporzionale alla pressione specifica dell'esplosivo.

Ecco alcuni esempi di esplosivi, secondo le prove e i calcoli eseguiti dall'autore:

Grisutina normale =	Trauzl 305	cc. Pressione specifica =	6378 Atm/Kg.	
Dinamon S =	» 410	» » » =	7434	»
Gelatina P_2 =	» 415	» » » =	7515	»
GD I =	» 440	» » » =	7905	»
GD I M =	» 460	» » » =	8022	»
Gelatina P_1 =	» 470	» » » =	9037	»
Dinamon I =	» 470	» » » =	9361	»
Superdinamon A =	» 485	» » » =	9390	»
G E O =	» 540	» » » =	10719	»
Gomma A =	» 630	» » » =	12719	»

Da questi dati apparirebbe che, per es. il GD I fosse inferiore, come potenza alla Gelatina P_1 e al Dinamon I, invece, recandomi in miniera, ho potuto constatare che il primo rende molto di più, da cui si deduce che la prova trauzl non corrisponde alla misura del lavoro che può rendere l'esplosivo. Ecco alcuni dati che ho dedotto da una galleria di prove in rocce abbastanza compatte (altezza m. 1,80, larghezza m. 1,50). La media è stata fatta su 4 volate di 65 cartucce da mm. 25 ognuna e della lunghezza di cm. 14.

Tipo di esplosivo	Trauzl	Avanzamento medio
GD I	440 cc.	m. 1,20
Dinamon I	470 cc.	m. 0,65
Gelatina P_1	470 cc.	m. 1,10
Gelatina P_2	400 cc.	m. 0,90
Ausonia (molazzato)	430 cc.	m. 0,64
Atlante (molazzato)	450 cc.	m. 0,70
Ciclope (molazzato)	450 cc.	m. 0,51
Etruria (molazzato)	430 cc.	m. 0,68

Questa tabella dimostra chiaramente che il giudicare il lavoro che può produrre un esplosivo, dal suo Trauzl, può essere un errore che però non avviene quasi mai negli esplosivi a base di nitroglicerina.

Per questi esplosivi la potenza del trauzl corrisponde sempre al lavoro dello esplosivo, reso in miniera. Ecco qualche esempio:

Tipo di esplosivo	Trauzl	Avanzamento medio
Gomma A	630 cc.	m. 1,80
G E O	540 cc.	m. 1,40
GD I	440 cc.	m. 1,20
GR normale	305 cc.	m. 0,55

Un'altra cosa importantissima nell'esecuzione della prova del trauzl è questa: la prova va sempre eseguita almeno in doppio, meglio in triplo, in quanto può avvenire che durante la colata del piombo negli stampi, si formino caverne, che, con l'esplosione, si sfondano dando origine quindi a gravi errori sull'interpretazione del risultato.

La prova in doppio serve anche per accertarsi se l'esplosivo è stato bene impastato o mescolato poichè diversamente si avrebbero, sullo stesso esplosivo, risultati diversi a seconda della sua omogeneità.

Io ritengo che per vedere la potenza di un esplosivo occorre non solo fare il trauzl, ma completarlo con la prova di Hess che tra poco descriveremo.

Con queste due prove, secondo me, è difficile sbagliare il giudizio sulla potenza di un esplosivo.

Un altro fatto curioso, nel campo degli esplosivi molazzati, per ciò che riguarda il trauzl, è questo: un esplosivo polverulento molazzato avente trauzl di circa 400 cc. e non oltre, ha in genere un trauzl inferiore di 10-15 cc. a quello non molazzato; eppure è dimostrato che un esplosivo, con la molazzatura, aumenta la sua potenza accrescendo la distanza di colpo, la velocità di detonazione, la prova di Hess, e quindi, a parte altri difetti, come in seguito vedremo, in miniera, e in cava fa un lavoro superiore.

Negli esplosivi molazzati che saranno oggetto in seguito di uno speciale capitolo, aventi un trauzl inferiore ai 330-340 cc., invece di avere una diminuzione del trauzl, rispetto ai non molazzati, generalmente si ha un aumento di 10-15 cc. e questo succede anche negli esplosivi a base di nitroglicerina coi componenti molazzati o macinati, naturalmente, prima dell'impasto.

Citerò in proposito due esempi, uno di esplosivo senza nitroglicerina e uno con nitroglicerina:

Formula dell'esplosivo		Non molazzato		Molazzato
A				
Nitrato ammonico	83%	Trauzl	330 cc.	340 cc.
Binitronaftalina	9	Distanza colpo .	per cont.	2,5 cm.
Farina Legno	2	Schiacciamento .	10 mm.	14-15 mm.
Tritolo	2	Velocità det. . .	1940 m/s	2610 m/s
Biossido di mang.	4			
				Con NH_4NO_3 molazzato
B				
Nitroglicerina	10%	Trauzl	305 cc.	320 cc.
Cotone collodio	2,5	Distanza colpo .	22 cm.	26 cm.
Nitrato ammon.	87,5	Schiacciamento .	9 mm.	11 mm.

Oltre ai dati suesposti, credo possa interessare, per ciò che riguarda l'influenza dell'innesco già accennato, la tabella seguente in cui ho raccolto i diversi trauzl di tre esplosivi differenti con detonatori al fulminato dei vari numeri. I due primi esplosivi sono gelatinosi, uno a base di nitroglicerina, l'altro di binitroluolo, il terzo polverulento a base di nitrato ammonico. Le prove sono state eseguite contemporaneamente a 15°

	GD I	Gelatina P_1	Superdinamon
Detonatore N. 3	400 cc.	370 cc.	435 cc.
Detonatore N. 4	405 cc.	390 cc.	440 cc.
Detonatore N. 5	415 cc.	415 cc	445 cc.
Detonatore N. 6	420 cc.	430 cc.	455 cc.
Detonatore N. 7	435 cc.	445 cc.	470 cc.
Detonatore N. 8	440 cc.	470 cc.	480 cc.

Credo possa pure interessare quest'altra tabellina in cui sono messi a confronto una media di trauzl fatti con detonatori al fulminato e all'azotidrato di piombo, caricati con uguale quantità d'esplosivo:

	Gelatina P_1	Superdinamon	GD I
Detonatori all'azotidrato . . .	475 cc.	495 cc.	450 cc.
Detonatori al fulminato . . .	470 cc.	480 cc.	440 cc.
Detonatori N. 10 all'azotidrato .	485 cc.	510 cc.	470 cc.

Come chiaramente si vede, i detonatori all'azotidrato, a parità di carica, danno un maggior rendimento. Inoltre passando dal detonatore N. 3 al N. 10 è possibile migliorare il Trauzl di 50 e anche di 150 cc. e questo specialmente per gli esplosivi di innesco più difficile.

Avverto però che tutti i risultati dei trauzl che ho riportato e che riporterò in questo mio lavoro, sono riferiti a detonatori n. 8 al fulminato tarati.

Riporterò dal Giua una tabella di trauzl netti medi degli esplosivi più in uso.

TABELLA 13

Esplosivo	Composizione	Trauzl
Gelatina gomma A	Ngl. 92% cotone collodio 8% . . .	cc. 630
Gomma B	Ngl. 82,5% + 5,5% cotone coll. + 8,5% nitrato sodico + 3% farina legno + 0,5 per cento carbonato di calcio . . .	cc. 560
GEO	Ngl. 77,5% + 0,5% cotone coll. + 12% nitrato sodico + 3,5% farina grano + 1,5% farina legno + 0,5% carbonato di calcio	cc. 540
GD 1	Ngl. 60% + 3,5% cotone coll. + 30,5% nitrato potassico + 2,2% di farina grano + 3% legno + 0,5% ocra rossa . .	cc. 440
GD 2	Ngl. 48,3% + 2,7% cotone coll. + 42,7 per cento nitrato sodico + 2,8% farina grano + 3% farina legno + 0,5% carbonato di calcio	cc. 355
Ammonaftite	Ngl. 15% + 0,3% cotone coll. + 76,7% nitrato ammonico + 8% farina grano + 0,5 ocra gialla	cc. 420
Grisutina	Ngl. 10% + 0,25 cotone coll. + 89,75% nitrato ammonico	cc. 300
Cheddite OS	Clorato di sodio 90% + 3% vasellina + 7% paraffina	cc. 325
Amatolo	Nitrato ammonico 80% + 20% tritolo	cc. 430
Dinamon	Nitrato ammonico 69% + 20% tritolo + 8% perclorato di potassio + 3% alluminio	cc. 450
Gelatina al Binitrotoluolo	Binitrotoluolo 17% + 0,5% cotone coll. + 3,3% tritolo + 25,5% nitrato sodico + 35,5% perclorato ammonico + 18% pentrite + 0,2% ocra rossa	cc. 470
Nitroglicerina	. . . .	cc. 600
Nitroglicol	. . . .	cc. 630

GD I M	Ngl. 38% + 2,3 cotone coll. + 50,9% nitrato ammonico + 6% nitrato sodico + 2,5% olio + 0,5% ocra rossa + 0,3% carbonato di calcio	cc. 475
GD II	Ngl. 43,2% + 2,3% cotone coll. + 45,5 per cento nitrato sodico + 7% farina grano + 1% carbonato di sodio . .	cc. 320
Balistite 50/50	Ngl. 50% + 50% cotone coll. . . .	cc. 470
Cordite inglese	Ngl. 30% + 65% fulmicotone + 5% vasellina	cc. 260
Solenite	Ngl. 36% + 61% pirocolloide e fulmicotone + 3% olio minerale . . .	cc. 250
Cotone collodio	. . . .	cc. 250
Cotone fulminante	. . . .	cc. 400
Polvere nera	Nitrato di potassio 75% + 15% carbone + 10% solfo	cc. 30
Acido picrico	. . . .	cc. 295
Tritolo	. . . .	cc. 285
Pentrite	. . . .	cc. 475
T_4	. . . .	cc. 520
Tetrile	. . . .	cc. 375
Fulminato di mercurio	. . . .	cc. 135
Azotidrato di piombo	. . . .	cc. 113
Stifnato di piombo	. . . .	cc. 122
Tetrazene	. . . .	cc. 156

SAGGIO DEL TRAUZL NELLA TERRA

Quantunque questo saggio non sia più in uso, ritengo opportuno citarlo in quanto, anche se molto impreciso, può essere compiuto da chiunque senza bisogno di blocchi di piombo molto costosi e ingombranti.

Per compiere questa prova occorre un terreno compatto e possibilmente argilloso, praticarvi un foro da mina e, dopo avervi immesso un dato numero di cartucce assicurandosi che non cada terra tra una cartuccia e l'altra, borrarle, spararle, quindi misurare il diametro del buco in profondità.

Naturalmente, del diametro del foro, occorre fare la media, poichè è ben difficile che riesca perfettamente rotondo. Per la profondità è necessario, mediante un badile, togliere tutta la terra smossa, il che naturalmente dà una precisione molto relativa. Qualora si facessero

prove del genere, è sempre bene partire da un esplosivo campione.

Se si vuol sapere il volume del foro, esiste una formula che si ricava dalla misura dei suoi assi poichè viene considerato come un elissoide ed è precisamente questa:

$$V = \frac{1}{6} \pi D^2 H$$

dove:

V = volume

π = 3,14

D = diametro

H = profondità

Il rapporto dell'aumento del volume △ (volume totale diminuito del volume iniziale del foro, nella parte compresa nell'interno dell'elissoide) e la carica dell'esplosivo, caratterizza la potenza del lavoro di questo esplosivo.

VELOCITA' DI DETONAZIONE

La determinazione della velocità di detonazione è un dato importantissimo poichè, come vedremo, esso permette di far conoscenza delle condizioni nelle quali si potrà ottenere l'effetto utile al massimo e cioè una frantumazione del materiale più minuta e quelle che possono provocare mancate detonazioni, causa di molte disgrazie in miniera. Oltre al metodo Dautriche gli apparecchi più usati per tale determinazione sono il Mettegang e il Le Boulangé adoperato specialmente per le polveri da caccia che vedremo più avanti.

Descrizione del metodo più usato, il « Dautriche » - L'esplosivo di cui si vuol determinare la velocità di detonazione, si prova in forma di cartuccia avente il diametro di mm. 30 esterno e la lunghezza di 200 mm., in un tubo di ferro o di cartone dello spessore di 2 mm.

Occorre che l'operatore durante l'esplosione, si ricoveri in un rifugio o vada distante, al riparo di qualche albero o di qualche grosso masso di pietra.

La cartuccia si innesca con un detonatore *D* del n. 8. Due altri detonatori d_1 d_2 sempre del n. 8 distanti 100 mm. l'uno dall'altro, con miccia detonante tarata di velocità conosciuta, l'una lunga mm. 1000 e l'altra mm. 800, vengono infilati nella cartuccia per tutta la loro lunghezza. Le due micce vengono legate, mediante un pezzettino di filo sottile o fissate mediante nastro isolante, insieme, parallele, in modo che i punti *G* e *H* siano equidistanti dalla linea ff di 100 mm. (fig. 13) e appoggiati sopra una lastra di piombo dello spessore di 4-5 mm. sulla quale saranno tracciate delle righe *AA* e *BB* come in figura.

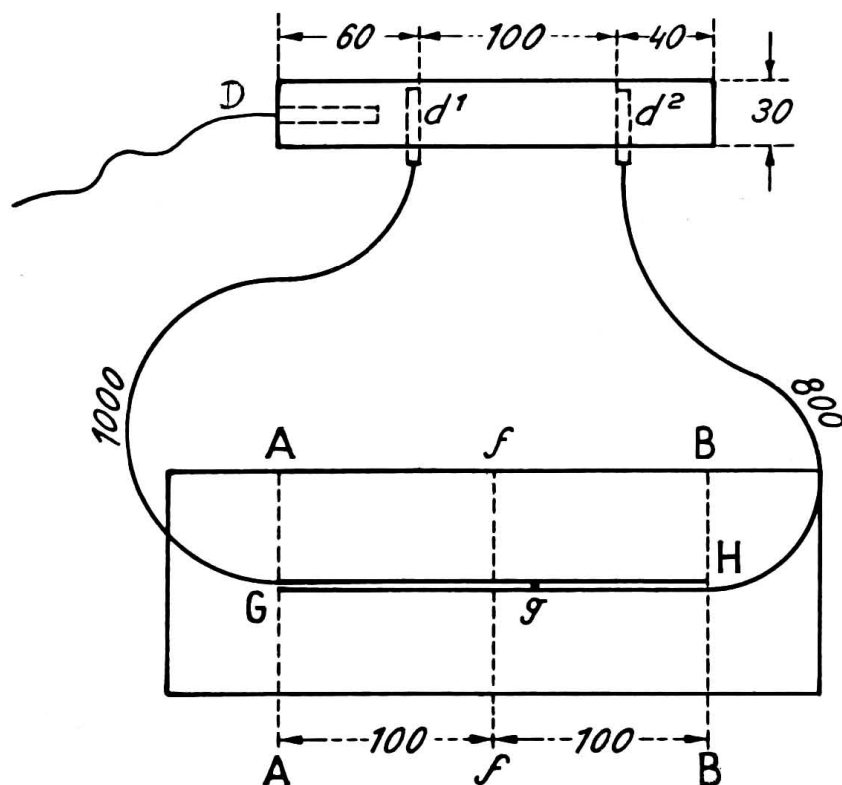



FIG. 13

Metodo Dautriche.

Dalla parte della miccia più lunga verrà fatto un segno che servirà per non sbagliare nel calcolo della velocità. La lastra di piombo deve essere appoggiata su una robusta lastra di ferro.

Facendo esplodere la cartuccia per mezzo del detonatore *D,* l'esplosione si propaga da un lato sul percorso d_1 *H,* dall'altro sul percorso d_2 *G.*

A seconda della velocità, le due esplosioni si incrociano in una posizione più o meno distante dalla linea ff ed ivi produce sulla lastra di piombo un solco trasversale caratteristico (figg. 14, 15 e 16) che raccorda

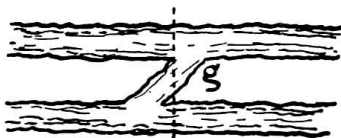



FIG. 14 - Segno caratteristico della Velocità con due micce.

FIG. 15 - Segno della Velocità con una sola miccia.

tra loro con un angolo di 45° i due solchi tracciati dall'esplosione delle due micce. Come punto d'incontro, si prende il centro dell'impronta g. Dalla distanza ffg = s esattamente misurata, conoscendo come ho detto, la velocità di detonazione della miccia detonante, si calcola facilmente la velocità di detonazione x dell'esplosivo in esame secondo la seguente formula:

$$x = \frac{vl}{h - 2\ s}$$

dove:

x = velocità di detonazione dell'esplosione in esame

v = velocità miccia detonante (circa 6500 m/sec.)

l = 10 cm.

h = differenza tra le due micce, cioè cm. 20

s = distanza dal segno della linea ff.

Naturalmente se il segno è dalla parte della miccia più corta si fa h + 2 s, se dalla parte della miccia più lunga h — 2 s. La miccia detonante deve essere ottima, tarata e di velocità costante poichè diversamente vengono falsati tutti i risultati. Anche questa prova è bene eseguirla in triplo.

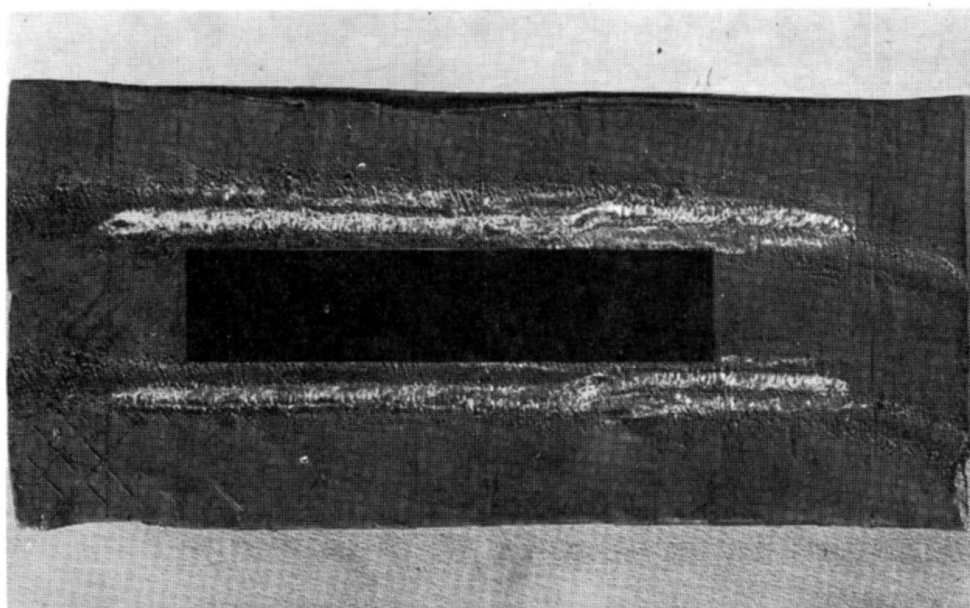



FIG. 16 - Piastra di piombo segnata dalla miccia.

TABELLA 14
TABELLA DEI METODI DI MISURA DELLA VELOCITA' DI DETONAZIONE

<table>
<tr><th>N.</th><th>Designazione del metodo</th><th>Mezzo impiegato per la misura del tempo</th><th>Trasmissione del fenomeno all'apparecchio di misura</th><th>LETTURA</th><th>Lunghez. colonna esplosivo</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Cronografo
Le Boulengè
Vedi pag. 590</td><td>Caduta di un peso durante il fenomeno della detonazione. Svincolamento e incisione per mezzo di un elettrocalamita al momento della chisura o apertura di un circuito.</td><td rowspan="2">Circuiti che attraversano la colonna di esplosivo e vengono interrotti successivamente dalla detonazione</td><td>Distanza fra le incisioni prodotte in una guaina di zinco ricoprente un peso in caduta (contativo dei tempi)</td><td>Metri
20-200</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Metodo del condensatore</td><td>Caduta di tensione di un condensatore per chiusura o apertura di un circuito.</td><td rowspan="2">Deviazione del galvanometro</td><td>0,02-0,1</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Metodo del galvanometro balistico</td><td>Impulsi di corrente per apertura e chiusura di un circuito a tensione costante.</td><td rowspan="2"></td><td>0,02-0,1</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Cronografo a scintilla</td><td rowspan="3">Cammino percorso da un tamburo girante a grande velocità con una velocità di rotazione conosciuta.</td><td>Distanza che ripara i punti di perforazione</td><td>0,2-1</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Cronografo ottico</td><td>Trasmissione diretta dell'immagine in fotografia ottenuta in pellicola aderente al tamburo</td><td>Interpolazione del diagramma ottico</td><td>0,2-1</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Cronografo Friedveich</td><td rowspan="2">Per miccia detonante</td><td>Distanza fra due impronte sul metallo del tamburo</td><td>8</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Metodo Dautriche</td><td>Percorso della detonazione lungo una miccia detonante a velocità di detonazione conosciuta.</td><td>Impronta ottenuta sulla piastra di piombo al punto d' incontro delle onde di detonazione delle due estremità della miccia detonante che serve per la misura</td><td>0,2÷1</td></tr>
</table>

(1) Da « La misura delle velocità di detonazione degli esplosivi » di M. H. del « Memorial de l'Artillerie Francais » 1938, fascicolo I, pag. 173.

Faccio osservare che, invece di adoperare due cordoni di miccia, conoscendo approssimativamente la velocità dell'esplosivo in esame, se ne può adoperare uno solo riunito in d_1 e d_2 per le sue estremità nel modo indicato sopra.

Allora nel punto d'incontro delle due onde esplosive si forma sulla lastra un segno formato da un ingrossamento (fig. 15). Per tale prova è bene adoperare, invece di una lastra di piombo puro, una lastra di piombo antimoniato. La miccia che meglio si adatta a tale operazione, è quella con acido picrico. Da prove che ho eseguito, ho potuto notare che tale sistema non è consigliabile, poichè molte volte non si riesce a percepire il segno con chiarezza.

Citerò le velocità approssimative delle micce più in uso adatte per tali prove:

Miccia alla Pentrite gr. 10 m/l	circa 6500 m/s
Miccia alla Pentrite gr. 8 m/l	circa 5500 m/s
Miccia al fulminato di mercurio	circa 5460 m/s
Miccia all'acido picrico, diametro 4,8 mm. . . .	circa 5000 m/s
Miccia all'acido picrico, diametro 5,2 mm. . . .	circa 7000 m/s
Miccia al tritolo	circa 4450 m/s

Il segno che noi riscontriamo sulla lastra di piombo è dato dal seguente fatto:

Quando l'onda di detonazione dell'esplosivo raggiunge il detonatore d_1 collocato nell'esplosivo, viene a detonare anche questo, e la detonazione di questo detonatore produce, a sua volta, la detonazione del cordone detonante che vi è collegato. Quando l'onda di detonazione raggiunge il detonatore d_2, il cordone detonante è stato ormai portato a detonare anche dall'altro suo capo. Le due onde di detonazione viaggianti nel cordone detonante, si incontrano in un punto *g*. Per l'incontro delle due onde in questo punto, la detonazione viene ad essere rafforzata, così che nella piastra di piombo al disotto del cordone detonante, si origina una tacca profonda. Qualche volta, tale tacca, specialmente col sistema delle due micce, riesce persino a forare la lastra da quattro millimetri.

Il punto *g* viene spostato o verso destra o verso sinistra a seconda della velocità dell'esplosivo in esame, oppure al centro. Questo metodo non è molto preciso, ad ogni modo si può annoverare tra i migliori.

Diversi motivi influenzano la sua precisione e quindi cercherò di indicarne alcuni da me controllati:

1) E' molto difficile fare delle prove con cartucce che abbiano sempre la stessa densità. E' sufficiente pressare più o meno l'esplosivo per infilarvi i detonatori, per fare cambiare la densità e quindi la velocità. Con due diagrammi (nn. 3 e 4) metterò meglio in chiaro l'influenza della densità sulla prova.

Il massimo di velocità corrisponde a ciò che si chiama « densità limite ». Partendo da questo principio quindi, non è bene oltrepassare una data densità,

DIAGRAMMA 3

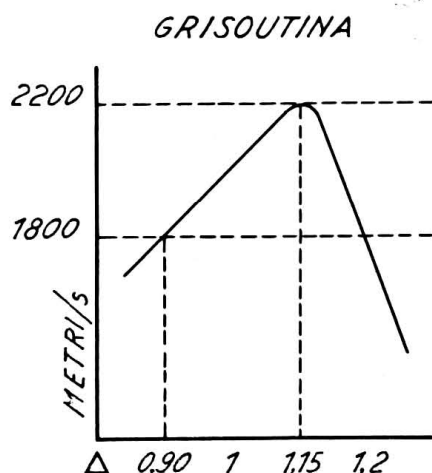
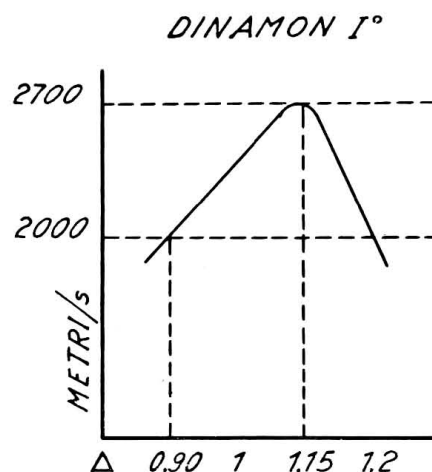



DIAGRAMMA 4

che generalmente, per gli esplosivi polverulenti, si aggira su 1,1 - 1,15 secondo le prove da me eseguite.

Evidentemente questo fenomeno è dovuto al fatto che, quando l'esplosivo è fortemente addensato, esso oppone una resistenza al passaggio dell'onda di detonazione che, in determinate circostanze, può condurre ad una caduta di velocità, spingendosi fino alla estinzione della detonazione stessa.

Questo fatto può avvenire anche in un foro da mina. Fra le tante prove, ricordo di averne fatta una su di un esplosivo polverulento avente un trauzl di 410 cc. in una cava di pietra. La composizione dell'esplosivo era la seguente:

Binitronaftalina	10%
Perclorato di potassio	10
Siliciuro di calcio	4
Nitrato ammonico	75
Farina di legno	1

Feci fare nella pietra tre buchi uguali e introdussi in tutti e tre un egual numero di cartucce pesate. Nel primo feci caricare l'esplosivo comprimendolo fortemente con l'apposito calcatoio di legno nel secondo con una compressione regolare e nel terzo non comprimendolo quasi per niente neppure durante il borraggio. Nel primo foro, su sette cartucce ne rimasero una e mezza inesplose, facendo poco lavoro; nel secondo partirono tutte regolarmente facendo naturalmente un lavoro molto superiore al primo e nel terzo le cartucce partirono tutte, ma il lavoro fatto fu piuttosto scarso.

All'aperto le cartucce non partirono neppure per contatto. Questo fatto può dare la dimostrazione che la densità della carica ha moltissima importanza, e quindi si può trarre la conclusione che, nel primo buco, per effetto della pressione sviluppatasi durante la detonazione delle prime cartucce, le cartucce successive non ancora detonate, erano ancora così fortemente compresse, che in esse la detonazione aveva finito per estinguersi; nel secondo, compresse in modo normale, questa si era trasmessa regolarmente sviluppando tutta la potenza; nel terzo, troppo poco compresse, la detonazione si era trasmessa meno velocemente e i gas non avevano potuto avere una compressione sufficiente per produrre il lavoro dovuto. Lo stesso fatto succede per le sostanze fuse che posseggono una densità particolarmente alta, per cui per es., il tritolo fuso è più difficile a detonare, (anzi posso aggiungere che

un detonatore N. 8 ben difficilmente riesce ad innescare una carica di tritolo fuso), che non lo stesso quando sia compresso ad elevata pressione.

Ho notato però che la velocità di un esplosivo viene ad essere abbassata quando si ha la miscela con una sostanza inattiva.

Questa aggiunta, a quanto pare, diluisce l'esplosivo in modo di fargli diminuire la velocità opponendo una resistenza al passaggio dell'onda di detonazione. Ecco la ragione per cui, in certi casi, è preferibile molazzare l'esplosivo. In questo caso le particelle dei componenti, evidentemente entrano una dentro l'altra e insieme ad una densità superiore danno anche una detonazione e una velocità migliore.

Così per es. la dinamite al Gur (nitroglicerina assorbita da farina fossile Kieselgur), ha una velocità di detonazione minore di quella della nitroglicerina sola.

Se noi prendiamo un qualsiasi esplosivo polverulento, per es. in uno dei casi da me controllati, un dinamon avente questa formula:

Tritolo	20%
Alluminio	3
Perclorato di potassio	8
Nitrato ammonico	69

il quale non sia molazzato, incartucciato normalmente con una macchina, mi dà una densità di 1,07; molazzato e incartucciato, senza apportare nessuna variazione, mi dà una densità di 1,13 e una velocità molto superiore. Ho provato anche un esplosivo avente la seguente formula:

Binitronaftalina	9%
Tritolo	3
Nitrato ammonico	82
Farina di legno	2
Biossidio di manganese . . .	4

Questo, non molazzato, sempre con la stessa macchina mi ha dato una densità di 1,02, dopo molazzatura 1,1. Naturalmente, con la molazzatura anche gli altri dati hanno cambiato in modo favorevole.

2) Importanza ha pure l'introduzione più o meno profonda del detonatore nella cartuccia.

3) Ha influenza il diametro della cartuccia, poichè la velocità di detonazione aumenta con l'aumentare del diametro di questa (Diagramma n. 5).

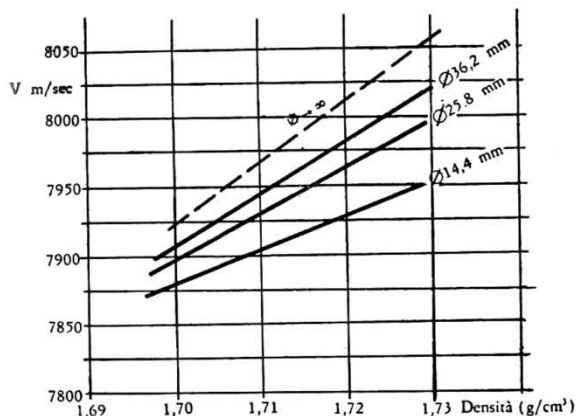



DIAGRAMMA N. 5

Velocità di detonazione della Composition B (TNT + T_4) in funzione del diametro e della densità di carica.

(Da Nobel Hefte 4/1962 Schall e Kegler).

Ecco una prova eseguita recentemente con un esplosivo composto di Nitrato Ammonico Prilled, Binitrotoluolo e Gasolio.

Cartucce da 30 m/m Ø = Vd =2030 m/s
Cartucce da 40 m/m Ø = Vd =2320 m/s

Cartucce da 50 m/m Ø = Vd =2830 m/s
Distanza di colpo con cartucce da 30 m/m Ø = 1-2 cm.
Distanza di colpo con cartucce da 40 m/m Ø = 4 cm.
Distanza di colpo con cartucce da 50 m/m Ø = 7-8 cm.

4) La resistenza del tubo di ferro o di cartone o di altro materiale che contiene l'esplosivo.

Ecco alcune prove da me eseguite:

	Tubo ferro m/s	Tubo carta m/s	Tubo cartone m/s
GOMMA A			
Miccia alla Pe	4950-5130-5140	4180-4100	4380-4350
Miccia al Fulm.	4000-4120	3220-3150	3520-3500
GDI al 60% di NGL			
Miccia alla Pe	4970-5050-5050	4600-4570	5040-5110
Miccia al Fulm.	5040-5110	4320-4270	4690-4730
DINAMON I			
Miccia alla Pe	2925-2890-2890	2710-2680	2780-2860
Miccia al Fulm.	2940-2880	2510-2480	2700-2660

5) La potenza dei detonatori e la diversità di caricamento di questi.

Riporto qui due prove fatte con detonatori all'azotidrato e al fulminato a parità di carica

	A	B
Nitrato ammonico	76%	79%
Tritolo	12	10
Perclorato di potassio	8	7
Alluminio	2	2
Farina legno	2	2

Detonatori all'azotidrato N. 8

	A	B
Velocità detonazione	2500 m/s	2040 m/s
Distanza di colpo	5 cm.	2 cm.

Detonatori al fulminato di mercurio N. 8

Velocità detonazione	2300 m/s	2005 m/s
Distanza di colpo	4 cm.	2 cm.

6) La finezza dei grani dell'esplosivo. (Vedi molazzatura).

7) L'umidità può avere la sua influenza specialmente sugli esplosivi ad alta densità.

8) L'omogeneità dell'esplosivo ha poi influenza grandissima e quindi è naturale che, un esplosivo ben mescolato, dia risultati più regolari.

9) Per gli esplosivi molazzati ha influenza il tempo di molazzatura ricollegandosi al N. 6.

A proposito dei paragrafi 6 e 9 riporterò due tabelline. Ecco un esempio di un esplosivo accompagnato dai dati:

Tritolo	5%
Binitronaftalina	3
Siliciuro calcio	8
Perclorato di potassio	5
Nitrato ammonico	67,5
Nitrato sodico	10,5

	Esplosivo con componenti non setacciati		Componenti setacciati		Esplosivo molazzato		
Velocità det. m/s . . .	1666	1700	2076	1800	3000	3200	2800
Densità	1,10	0,90	1,10	0,90	1,10	1,15	1,2
Trauzl cc.	400	400	400	400	390	390	390

(Da notare a proposito della densità limite i 2800 m/s dell'esplosivo molazzato con densità 1,2).

Ecco una tabella di un esplosivo molazzato e non molazzato per periodi di tempo diversi:

Binitronaftalina	9%
Tritolo	3
Nitrato ammonico	82
Biossido di manganese	4

Esplosivo non molazzato - La velocità di detonazione non si è potuta calcolare, perchè il segno, data la bassa velocità, cadeva fuori dalla piastra.

Esplosivo Molazzato 20' = 1800 m/s
Esplosivo Molazzato 30' = 2190 m/s
Esplosivo Molazzato 45' = 2450 m/s
Esplosivo Molazzato 60' = 2750 m/s

A proposito di velocità vedere la tabella n. 15 riguardante tritolo, tetrile, pentrite, T_4.

Sulla velocità di detonazione, ritengo interessante riportare studi fatti in proposito, specialmente in Inghilterra da Bowden e collaboratori.

Si nota, nel caso degli esplosivi liquidi come il nitroglicol, nitroglicerina e gelatine esplosive, un fenomeno per cui, a seconda della potenza dell'agente innescante, l'esplosione può avvenire con velocità di circa 2000 m/s, oppure con quella di 6000-8000 m/s, ma non con velocità intermedia. Così si è incominciato a parlare di « regimi a bassa velocità ». La detonazione a bassa velocità, può propagarsi con velocità costante, in tutta la massa dell'esplosivo, lasciando spesso inalterato una parte di questo e non dando quindi la detonazione completa. La stabilità di questo regime, si può spiegare ammettendo che, da un lato si abbia una velocità troppo bassa per dar luogo ad accelerazioni, dall'altro la presenza di posizioni sensibili, quali inclusioni di aria, impedisce l'arresto della propagazione.

Per i « regimi ad alta velocità » questi sono in accordo alla teoria di Chapman - Jougue per cui si ammette che la velocità massima calcolata, corrisponda ad una reazione completa con la liberazione di tutta l'energia disponibile.

Anche gli esplosivi granulari, purchè presentino tra i cristalli inclusioni gassose, possono in seguito a debole innescamento, detonare inizialmente con bassa velocità. Dopo la propagazione della detonazione, anche per una distanza notevole, in genere si verifica una buona transizione a regimi di detonazioni ad alta velocità.

Oltre al metodo Dautriche e al Boulangé, vi è un altro sistema di misurazione più esatto, e precisamente, come già detto, lo speciale

apparecchio Mettegang. Anche con questo apparecchio, la misurazione della velocità, come ho potuto controllare, è in rapporto alla densità di caricamento, alla lunghezza della cartuccia, al suo diametro ecc. A titolo di curiosità ritengo opportuno descrivere tale apparecchio perchè è molto interessante.

Apparecchio Mettegang per la determinazione della velocità di detonazione - L'apparecchio di Mettegang per la determinazione della velo-

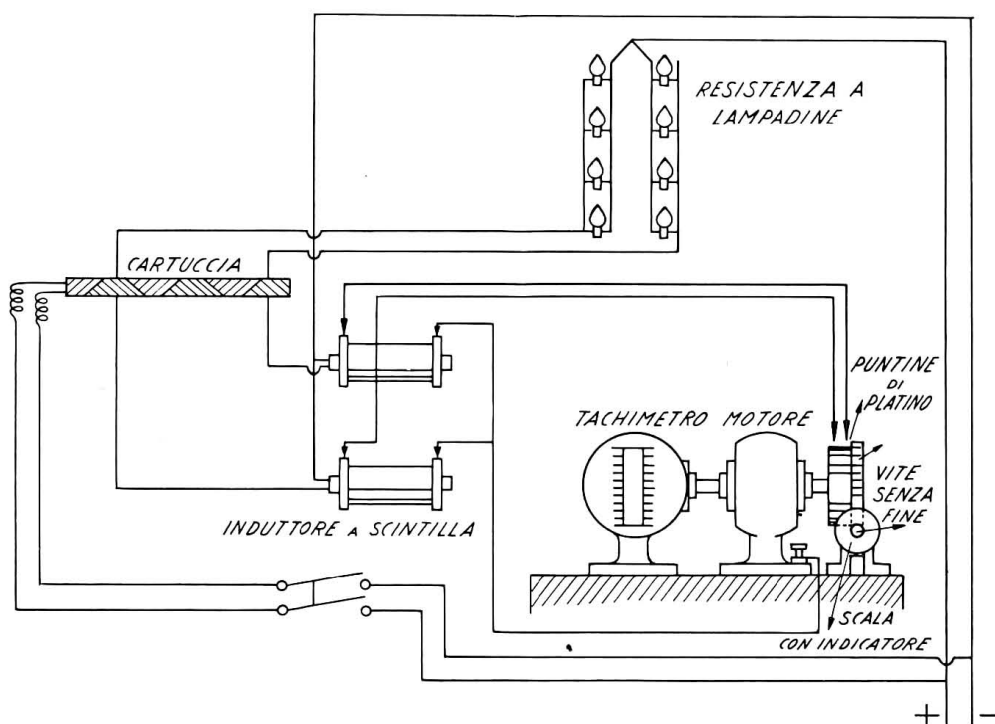



Fig. 17 - Apparecchio Mettegang.

cità di detonazione (fig. 17), rende possibile una più esatta determinazione del tempo di detonazione, con l'impiego di una fila di cartucce lunga meno di un metro.

Si raccomanda tuttavia il suo impiego con la lunghezza di 3 m. per compensare le varie differenze che si possono verificare nell'accensione, nel collocamento dell'esplosivo e nell'esplosivo stesso.

Le cartucce vengono introdotte in un tubo di ferro di 30 mm. di diametro. Bisogna fare attenzione perchè, sia il diametro dell'esplosivo che la sua densità hanno una grande influenza sul risultato. L'apparecchio consta principalmente di 4 parti e precisamente:

TABELLA 15

VELOCITA' DI DETONAZIONE DETERMINATE DAL DOTT. TONEGUTTI COL METODO DAUTRICHE USANDO MICCIA ALLA PENTRITE SOTTO STAGNO

Tipo di esplosivo	Diametro e lunghezza della cartuccia in mm.		Densità	Vel. Detonazione m/s
TNT compresso	10	300	1,46	8300-6310
TNT compresso	20	300	1,57	6610-6630
TNT compresso	30	300	1,52	6430-6580
TNT compresso	53	400	1,55	6830
Tetrile	20	300	1,57	6950-7020
Pentrite pol fine	20	300	1,53	7218-7368
Pentrite col. 7% Paraff.	20	300	1,55	7225-7340
Pentrite cristallina	20	300	1,57	7553-7570
Pentrite col 5% paraff.	20	300	1,58	7646-7720
Pentrite col 10% paraff.	30	300	1,62	7457-7500
T_4 fine cristallino	20	300	1,57	7735-7992
T_4 fine cristallino	20	300	1,58	8011
T_4 con 30% TNT	20	300	1,53	7430
T_4 con 5% paraff.	20	300	1,57	7652-7713
T_4 con 7% paraff.	20	300	1,58	7813-7846
T_4 fine cristall.	30	300	1,60	8210-8225
T_4 con 5% paraff.	30	300	1,02	8250-8270
T_4 con 10% paraff.	30	300	1,66	8020-8098

1) un tamburo affumicato con punte di platino e trasmissione a denti e dispositivo di misura;
2) un motore elettrico;
3) un tachimetro a vibrazione;
4) due induttori a scintilla.

A) *Il tamburo affumicato con accessori.* Esso con i suoi accessori, è la parte più importante dell'apparecchio. E' un cilindro di metallo con un orlo dentato e con tanti denti quanti ne porta la circonferenza in mm., ossia circa 500. Il tamburo è accoppiato direttamente con motore elettrico o con altro sistema e fa tante rotazioni al secondo da portare la velocità periferica a 20 e più metri al secondo.

Il congegno di misurazione consta di una vite senza fine; con un giro di questa vite si porta il tamburo affumicato indietro di un mm.

Questa vite senza fine può essere innestata con vite a pressione nei denti del tamburo.

Sulla vite senza fine è disposto un indicatore, il quale ruota su un disco che è diviso in 100 parti uguali. Con questo dispositivo si è in condizione di leggere esattamente la distanza di due punti sul tamburo fino ad 1/100 di mm. La seguente tabella mostra quale piccola parte di tempo si possa misurare con questo apparecchio: supponiamo che il tamburo compia, per esempio, in un secondo, 100 m., sarà:

100 metri = 1"
100 mm. = 0,001"
1 mm. = 0,00001"
1/100 mm. = 0,0000001"

Quindi si è in grado di misurare con l'apparecchio un decimilionesimo di secondo.

La lettura delle serie di punti del tamburo affumicato si attua con un microscopio di misura, munito di due fili in croce. Contro la periferia del tamburo stanno due o più punte di platino a seconda del numero delle oscillazioni che si intendono fare. Queste punte si portano ad appoggiare sul tamburo per una frazione di millimetro. L'esatta distanza delle punte di tamburo è estremamente importante. Questo si raggiunge praticamente e nel miglior modo, facendo sfiorare il tamburo dalle punte di platino e, in seguito, arrestandole di pochissimo mediante una vite micrometrica.

B) *Motore elettrico.* Serve per il movimento del tamburo, può essere usato qualsiasi motore.

C) *Tachimetro.* E' un tachimetro a vibrazione e permette la lettura del numero dei giri del cilindro.
Il motore, il cilindro e il dispositivo di contatto del tachimetro, sono collegati fra loro e montati assieme su di una piastra di ferro.

D) *Induttori a scintilla.* Secondo il numero delle punte di platino, vengono impiegati due o più induttori a scintilla. Questi constano di un rocchetto primario e di un secondario e non hanno nessun nucleo di ferro.

L'interruzione ed il funzionamento - Da una sorgente di corrente (batteria, accumulatori, luce) viene derivata la corrente e, a seconda del numero degli induttori a scintilla, attraversa 10 lampade ad incandescenza disposte in parallelo che funzionano da resistenza dopo il rocchetto primario da cui ritorna alla sorgente di corrente. I secondari sono uniti ciascuno, con un polo, ad una punta di platino in corrispondenza del tamburo affumicato, e con l'altro polo al basamento dello stesso tamburo. Quando la corrente primaria viene ad essere interrotta dalla detonazione della fila di cartucce e dallo strapparsi dei fili del conduttore secondario, si sprigiona simultaneamente una scintilla dalle punte di platino sul tamburo affumicato. Le scintille che si sprigionano, non appaiono sul tamburo affumicato come singoli punti, ma, a causa della scarica oscillatoria della elettricità, come file di punte.

Supponiamo che l'apparecchio descritto abbia due punte di platino e perciò anche due induttori a scintilla. Poichè a causa della detonazione delle cartucce si strappa il primo filo e, dopo un tempuscolo, anche il secondo e poichè il tamburo prosegue la rotazione, gli inizi delle due serie di scintille hanno una certa distanza fra loro, presso a poco così:

Questa distanza di tempo della serie di punti è indipendente dalla lunghezza del tubo in cui si trova la serie di cartucce oppure l'esplosivo ed esprime in metri al secondo la velocità di detonazione dell'esplosivo considerato.

Per esempio sia: lunghezza del tubo di detonazione o della fila di cartucce uguale a 3 m.; distanza degli inizi della serie di punti sul tamburo affumicato uguale 20 mm. La velocità di rotazione del tamburo è = 50 o 100 m. al secondo. Perciò: — 20 mm. in 0,0004 o in 0,0002".

La detonazione, nel primo caso, ha percorso un cammino di 3 m. in 0,0004"

$$\text{ossia in } 1'' \; \frac{1}{0{,}0004} \times 3 = 7500 \text{ m.}$$

In questo caso la velocità di detonazione è 7500 m. al secondo.

Un altro metodo ora utilizzato consiste nel misurare in modo preciso per mezzo di un cronografo elettronico l'intervallo dei tempi che separa due contatti creati col passaggio dell'onda di detonazione su due sonde a due conduttori smaltati fissati nell'esplosivo ad una data distanza tra loro. Altri metodi sono citati nella Tab. 14.

Cenni sulla velocità di detonazione rispetto all'onda esplosiva - L'onda esplosiva è da alcuni paragonata all'onda sonora, ma questo non è vero perchè quest'ultima si trasmette con poca forza viva, con un piccolo eccesso di pressione e con una velocità dipendente solo dalla natura del mezzo nel quale si propaga. Essa, come sappiamo, è uguale per tutte le specie di vibrazioni e l'intensità decresce, a partire dall'origine, proporzionalmente al quadrato della distanza.

Invece l'intensità dell'onda esplosiva si mantiene costante, perchè propaga la trasformazione chimica attraverso la massa della sostanza esplosiva, comunicando al sistema in decomposizione, una enorme forza viva e un eccesso di pressione. L'onda sonora per es. si propaga nel gas ossidrico con una velocità di 514 m/s a 0°; la velocità dell'onda esplosiva nella stessa miscela, provocandone l'accensione in un punto, è di 2841 m/s.

Concludendo, dato che la velocità dell'onda esplosiva dipende oltre che dalla natura chimica dell'esplosivo, anche da tutte le altre cause che ho elencato precedentemente e, dato che, come abbiamo visto, da uno stesso esplosivo, a seconda del modo come viene adoperato, si possono ottenere effetti diversi, aggiungerò poche parole sul così detto « borraggio », il quale ha una grandissima importanza ed è in diretta relazione con la velocità di esplosione.

Studiando il fenomeno dell'esplosione, è chiaro che, all'inizio dell'esplosione, i gas prodotti intorno al punto acceso, tendono ad espandersi e quindi diminuisce in quel punto la pressione e, con essa, la rapidità dell'esplosione, ma se si impedisce questa esplosione iniziale, la pressione aumenta direttamente e con esso la velocità di decomposizione.

Ed ecco quindi il motivo per cui, per avere dei buoni effetti e non esplosioni parziali o semplici deflagrazioni con danno e perdita dal punto di vista economico, è necessario sapere che i migliori risultati si ottengono, oltre che adoperando ottimi detonatori, turando ade-

guatamente il foro nel quale è stato messo l'esplosivo, mediante boraggio con terra, fango o pietrisco, avendo naturalmente l'avvertenza, durante tale operazione, di non urtare il detonatore e rovinare la miccia. Ora è molto in uso, specialmente per lo sparo di grosse mine in cui vengono adoperate cartucce che vanno da un diametro di 40 a 100 mm. ed oltre e fori della profondità di parecchi metri, aggiungere, allo scopo di aumentare la probabilità dell'esplosione completa di tutte le cartucce e la velocità, della miccia detonante alla Pentrite che viene legata alla prima cartuccia che si introduce nel foro e alla quale poi vengono affiancate, fino a che non si fa il borraggio, tutte le altre cartucce. L'esplosione si fa poi avvenire o innescando la miccia detonante con un normale detonatore acceso con miccia a lenta combustione o con detonatori elettrici.

Lo stesso risultato si ottiene anche aumentando molto la massa dell'esplosivo e la superficie d'accensione, per cui si spiega perchè certe sostanze brucino senza esplodere quando sono in piccola quantità, come per es. le nitrocellulose in genere, le balistiti, l'acido picrico, il tritolo, gli esplosivi alla nitroglicerina, ecc. o quando il punto d'accensione è minimo e limitato, mentre l'esplosione può divenire potente quando è in gran quantità o anche soltanto avvolto da una grande sorgente calorifera.

SAGGIO DI HESS

Il saggio di Hess, conosciuto anche sotto il nome di saggio di schiacciamento secondo il metodo austriaco, consiste nel sovrapporre due cilindretti di piombo vergine dell'altezza ciascuno di 30 mm. e del diametro di 40 mm. sui quali viene fatta brillare, con un detonatore del n. 8, una carichetta esplosiva di grammi 50 contenuta in un astuccio cilindrico avente il diametro di 41 mm. e l'altezza di 100 mm. Fra la carichetta e il cilindro superiore vengono posti due dischi di acciaio del diametro di 40 mm. e dello spessore di 4 mm. (fig. 18).

La prova si fa appoggiando il cilindro di piombo su una lastra di ferro. Per effetto dell'esplosione provocata dal detonatore, il piombo viene schiacciato e più o meno deformato a seconda degli esplosivi, assumendo aspetti vari che vanno da quello di un tocco curialesco, a quello di un fungo, che si mette a raffronto con quello provocato in condizioni identiche da un esplosivo preso come termine di paragone (fig. 19).

Questo saggio di schiacciamento può considerarsi come una prova di laboratorio intesa a riprodurre il caso pratico di una cartuccia esplosiva che deve detonare all'aria libera ad immediato contatto di un obbiettivo, per es. un trave metallico, e permette una valutazione comparativa del potere dirompente.

Ritengo opportuno far notare che non è molto facile avere un cilindro comparativo, per es., di un esplosivo gelatinoso (Gomma A, GD I); poichè, essendo questi molto elastici, probabilmente non esercitano sul cilindro la pressione sufficiente per provocare il loro lavoro.

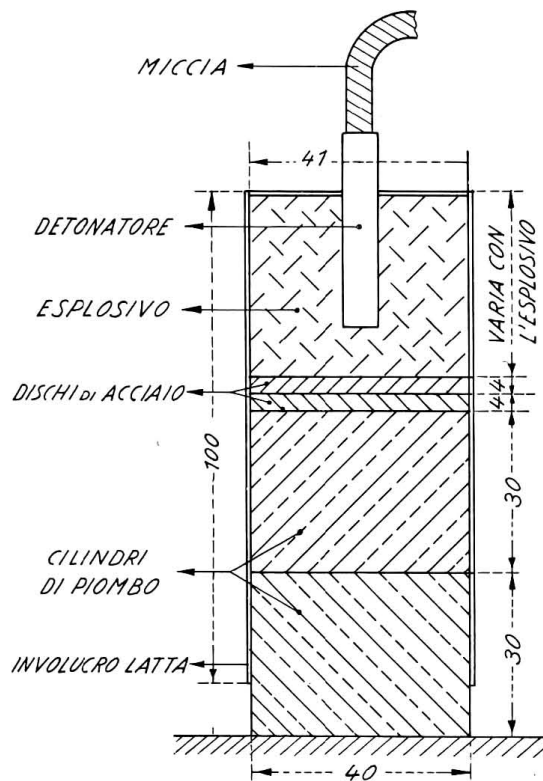



FIG. 18

Saggio di Hess.

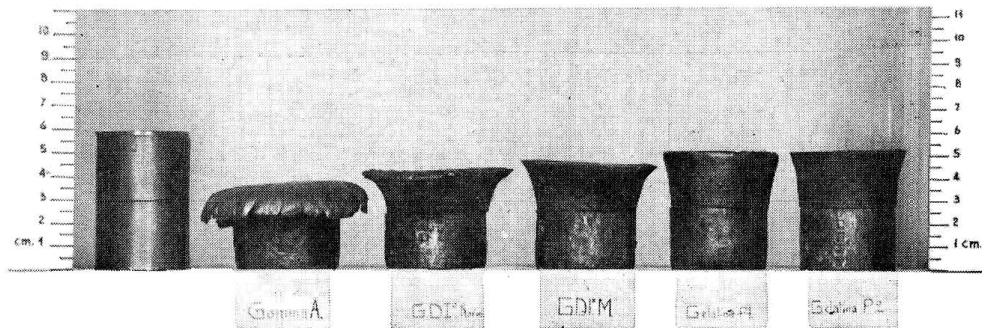
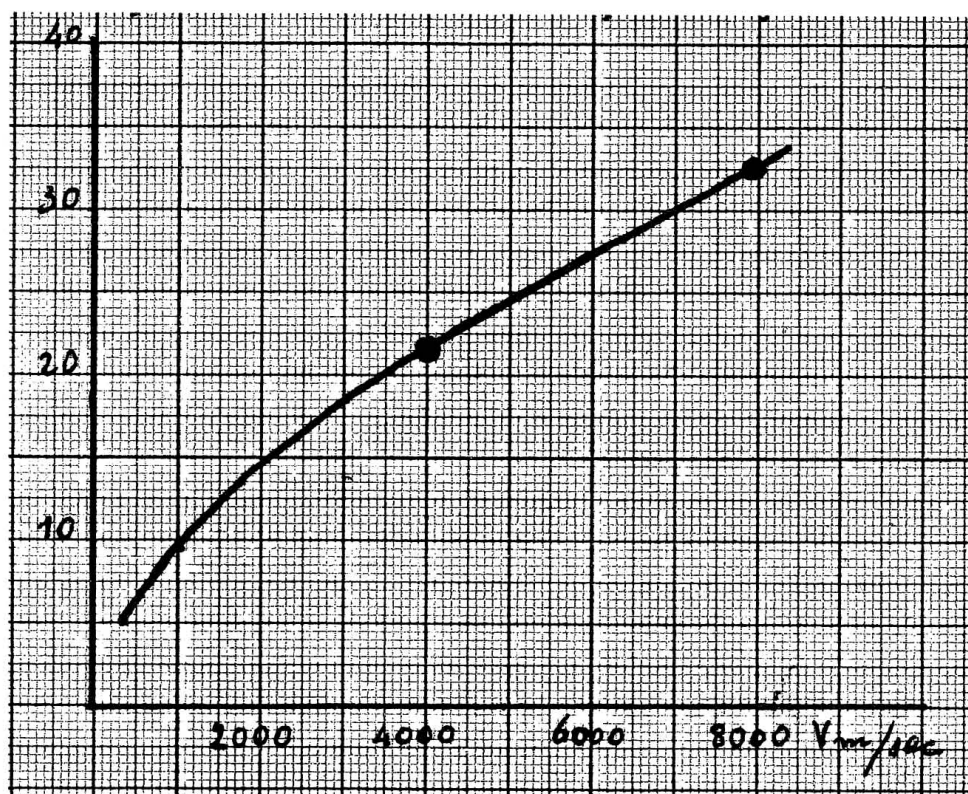



FIG. 19 - Cilindretti di piombo sparati.

Un buon metodo per tali esplosivi è quello di tagliarli a pezzetti molto piccoli e pigiarli molto bene dentro l'involucro di latta. Ho notato che in questa prova ha un'influenza non indifferente il modo di operare. Infatti, aumentando la densità dell'esplosivo fino ad un certo limite, si ottengono effetti maggiori, non confrontabili con quelli che si otterrebbero se si eseguisse le sparo senza compressione. Per avere una prova esatta, occorre dare all'esplosivo la densità della cartuccia nel foro da mina. In questo modo non c'è pericolo di essere tratti in errore.

DIAGRAMMA 5 A

Relazione fra schiacciamento del cilindro di piombo (Hess) e velocità di detonazione in tubo di ferro (sec. Wetterholm, Gyttorp).

Secondo gli intendimenti dell'ideatore, l'impiego di una coppia di cilindrietti avrebbe lo scopo di permettere le valutazioni di eventuali differenze rispetto all'esplosivo di confronto oltre che nella pressione d'urto, anche nell'azione di spinta. Infatti, mentre al cilindretto superiore è affidato il compito di registrare, più che altro la dirompenza, a quello inferiore spetta invece l'ufficio di registrare quella parte dell'effetto complessivo dello scoppio (effetto misurato dallo schiacciamento totale) che si propaga a maggior distanza, cioè; la così detta *azione di spinta.*

Ritengo interessante riportare la Tabella 16 dedotta da prove da me eseguite.

Leggendo questa tabella si rimarrà meravigliati che la Gelatina P_1, avente così poco schiacciamento, abbia un Trauzl così alto e, come già ho detto, dia un buon rendimento in miniera.

La ragione, credo, si debba ricercare nella sua sordità essendo a base di binitrotoluolo. Infatti due cartucce con detonatore n. 8 non partono neppure per contatto e la loro velocità di detonazione, col metodo Dautriche, non mi è stata possibile misurarla.

Dalla tabella su esposta si può notare anche la quasi assurdità di

TABELLA 16

Tipo di esplosivo	SCHIACCIAMENTO				Velocità detonaz. Dautriche m/s
	Totale mm.	Cil. inf. mm.	Cil. super. mm.	Trauzl cc.	
Gomma A	18,5	4,5	14	630	7200
GD 1	18	4,5	13,5	440	6500
GD IM	15	4	11	470	5900
Grisutina	8	3	5	305	2180
Gelatina P_1	9	3	6	470	—
Dinamon 1	15	4	11	470	2550
Dinamon 2	16	5	11	465	2300
Dinamon 3	12	3	9	410	1900
Superdinamon	17	4	13	485	4500
Tritolo D = 1,4	24,7	2	22,7	285	6200

basare la potenza di un esplosivo o unicamente sul suo Trauzl o unicamente sulla prova di Hess. Quindi ripeto che, per giudicare un esplosivo, occorrono ambedue queste prove perchè una è complemento dell'altra. Dalla prova di Hess si può dedurre anche che l'abbassamento dei cilindri e quindi la pressione d'urto dei cilindri è in rapporto alla velocità, poichè, dalla tabella, si vede che quanto più l'esplosivo è veloce, tanto più si ha un abbassamento dei cilindri di piombo.

SAGGIO DEL CRUSHER A CILINDRO UNICO

Il saggio è simile a quello di Hess, ma più semplice. Infatti s'impiega un unico cilindretto di piombo alto però 70 mm. e con un diametro di 30 mm. Tra il cilindretto e la carichetta di 30 gr., contenuti in astuccio di latta dell'altezza di 50 mm. e del diametro di 32 mm., si pone un solo dischetto d'acciaio di pari diametro ed avente lo spessore di 3 mm. Lo scoppio si fa avvenire appoggiando il cilindro di piombo su una lastra di ferro (figg. 20-21).

Ecco alcuni risultati ottenuti con gr. 30 di esplosivo col metodo a cilindro unico:

Gelatinoso col 40% di nitroglicerina . . . . schiacc. mm. 18-19
Polverulento nitrato amm. 80% TNT 20% . . . schiacc. mm. 11-13
Polverulento nitrato amm. 70% TNT 30% . . schiacc. mm. 14-16

Osservazioni sul saggio di Hess e del crusher. Per ciò che riguarda il confronto fra i due metodi, si può affermare che, forse, la prova di Hess è più completa se non più pratica di quella a cilindro unico, in quanto il cilindro inferiore può dirci, anch'esso, qualcosa sul comportamento dell'esplosivo. Però bisogna convenire che anche da quest'ultima, tenendo sempre presente la questione densità, si possono avere buone indicazioni.

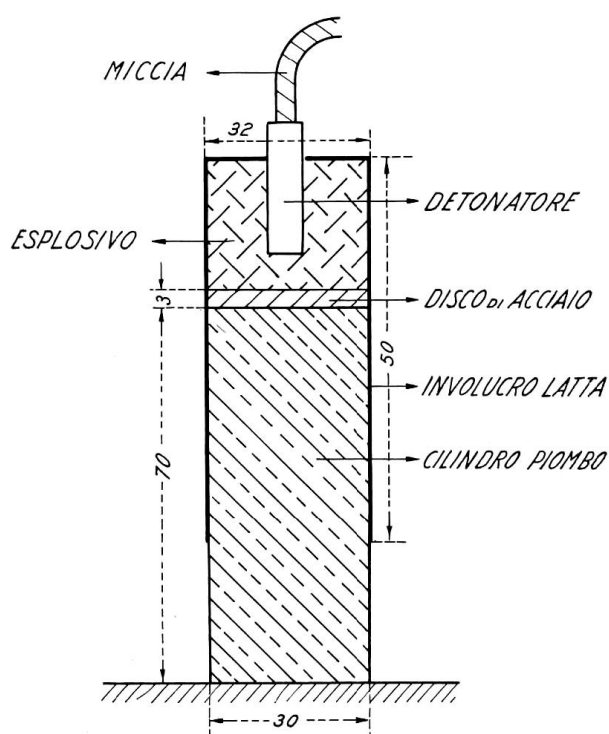



FIG. 20

Saggio del crusher ad 1 cilindro.

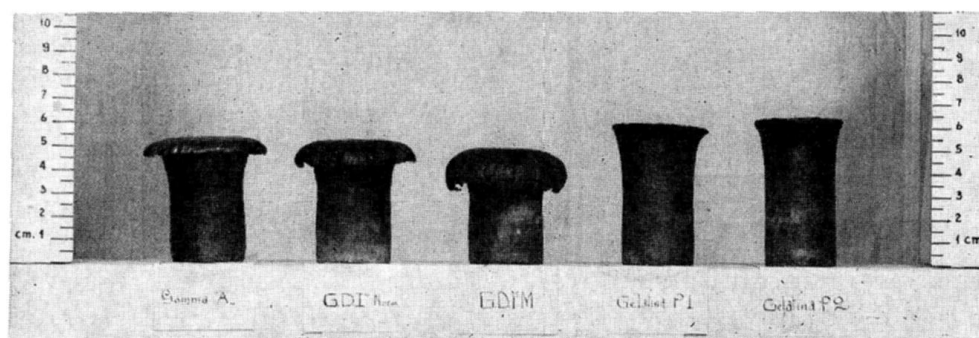



FIG. 21 - Cilindri dopo l'esplosione.

Da numerossissime prove che ho eseguito ho potuto notare però che, in caso si debbano provare esplosivi molto dirompenti (per es. Pentriniti, tritoliti, ecc.), nei cilindretti si ottengono deformazioni tali, per cui non è più possibile la valutazione dello schiacciamento, in quanto il cilindro, invece di conservare l'aspetto di un fungo più o meno appiattito, ricorda più un fiore spampanato.

Molte volte poi, specialmente col metodo Hess, si ha la frantumazione completa del cilindro superiore e quindi la sua distruzione (figg. 22-23).

Ciò che si può notare nei due saggi è che, dalla stessa materia esplosiva, si può talvolta ottenere, a piacimento, un effetto frantumante o progressivo a seconda della velocità di reazione, la quale dipende generalmente dalla potenza dell'urto iniziale che provoca l'esplosione e anche dallo stato fisico della materia esplosiva che, quanto più è densa, tanto meno è frantumante. Infatti il cotone fulminante gelati-

nizzato è meno frantumante di quello compresso e questo lo è ancora meno di quello in polvere.

Più l'urto iniziale è potente, tanto maggiore è la forza viva che si trasforma in calore e quindi più elevata è la temperatura che stabilisce il regime dell'esplosione, causando maggiore pressione nei gas risultanti e un effetto più rapido e potente dell'esplosivo.

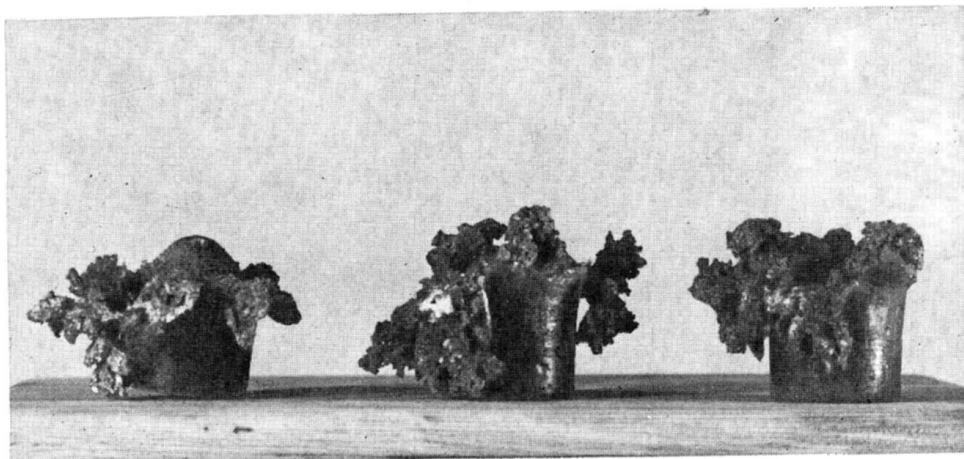



FIG. 22

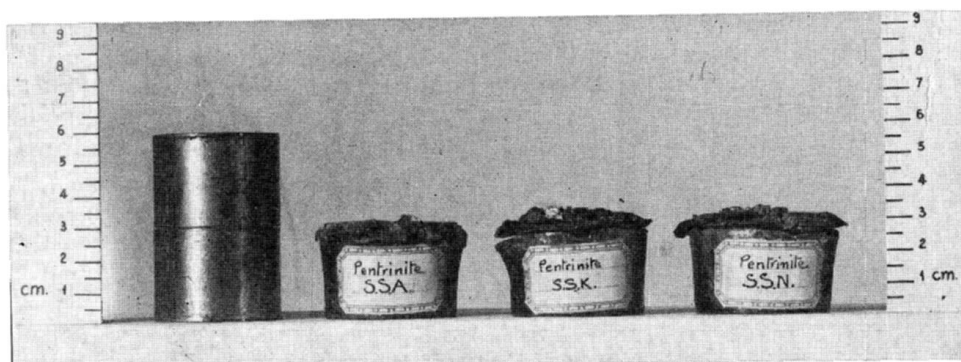



FIG. 23

DISTANZA DI ESPLOSIONE O DI COLPO ED ESPLOSIONE PER SIMPATIA

L'onda esplosiva è condotta dall'aria fino ad una certa distanza, in quanto è noto che l'influenza diminuisce gradualmente con l'allontanarsi dal centro dell'esplosione. Queste onde esplosive si propagano dapprima attraverso l'esplosivo stesso, non per un unico colpo, ma per una serie rapidissima di colpi prodotti dal propagarsi dell'esplo-

sione di punto in punto attraverso la materia esplosiva, colpi che rigenerano la forza viva lungo tutto il percorso dell'onda attraverso la materia esplodente.

Questo fatto è molto importante ed è una delle prove più in uso, poichè si può dedurre se diverse cartucce d'esplosivo introdotto nel foro da mina, sono in grado di esplodere tutte, oppure se vi è probabilità che qualcuna rimanga inesplosa con grave pericolo dei minatori che devono lavorare col piccone e col martello pneumatico per lo sterro. Naturalmente anche questo dato è in relazione alla velocità di detonazione.

Ritengo opportuno fare una piccola parentesi per accennare che l'importanza maggiore dell'onda d'urto dipende dal fatto che ad essa sono dovute le manifestazioni distruttive degli esplosivi dirompenti. E' stato inoltre notato che il valore della pressione di detonazione, rimane costante fino a quando l'onda esplosiva raggiunge la superficie esterna dell'esplosivo, caso che, naturalmente, giunge in anticipo rispetto al tempo in cui la reazione esplosiva giunge a termine.

Quindi, prima che cominci l'espansione dei gas combusti, l'onda esplosiva, alla superficie di separazione tra l'esplosivo e il mezzo esterno, dà origine ad un'onda d'urto, la quale non avanza con velocità a pressioni normali, poichè il mezzo in cui l'onda si propaga, non subisce trasformazioni chimiche sufficienti a fornire, al fronte d'urto, l'energia che, in seguito ai fenomeni dispersivi sopra accennati, perde continuamente.

Considerando quindi la propagazione dell'onda d'urto, nell'aria, la sua velocità che, al principio, può raggiungere anche gli 8000 m/s, prima decade in modo rapidissimo, poi sempre più lentamente fino a trasformarsi quasi in un'onda sonora, poichè può raggiungere il valore di 340 m/s. Contemporaneamente varia la grandezza della sovrapposizione.

Infatti essa scende, dai valori iniziali pari a centinaia di migliaia di atmosfere, al valore finale di 0,001 atm. In qualsiasi punto giunge l'onda d'urto, la pressione raggiunge quasi istantaneamente il valore massimo esistente nell'acqua, quindi descresce con forte smorzamento raggiungendo depressioni massime che, in valore assoluto, sono molto inferiori alle pressioni massime corrispondenti.

Per passare dal valore massimo a quello minimo, il tempo impiegato dalla pressione è molto più lungo di quello impiegato per giungere dal valore iniziale a quello massimo.

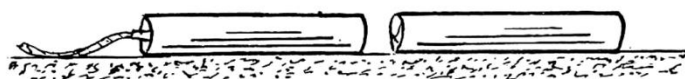



FIG. 24

Ecco come si eseguisce la prova:

Si prendono due cartucce da 30 mm. di diametro e della lunghezza di 120 mm.; si pongono su un letto di sabbia o meglio ancora su una lastra di piombo dello spessore di 3 mm. (fig. 24).

Una delle cartucce viene innescata (figg. 152-153) con un detona-

tore del n. 8 in modo che gli assi longitudinali delle cartucce abbiano a formare una linea retta. Fra le due cartucce viene lasciata una distanza esattamente misurata. Con la detonazione della cartuccia innescata, la seconda cartuccia viene portata a detonare completamente, oppure non detona affatto, e, soltanto in determinate circostanze, si verifica il caso della detonazione incompleta. Se la seconda cartuccia detona completamente, allora la distanza intercorrente tra le due cartucce viene aumentata fino a raggiungere una tale lunghezza in cui la seconda cartuccia non detoni più regolarmente.

Se all'opposto la seconda cartuccia non detona in modo regolare, la distanza verrà diminuita fino ad ottenere la piena detonazione di questa cartuccia. Sulla lastra di piombo rimangono impressi molto bene i segni della cartuccia esplosa, mentre sulla sabbia o sulla terra è facile che la cartuccia non innescata, durante lo scoppio, venga proiettata distante senza che lo sperimentatore se ne accorga, specialmente se il campo prove è circondato di erba, il che non deve mai essere anche per non provocare, specialmente durante l'estate, incendi.

Sulla precisione della distanza di colpo influiscono molti fattori che cercherò di elencare come ho fatto per la velocità di detonazione, basandomi su numerosissime prove da me eseguite e che in parte riporterò:

1) *Densità delle cartucce* - Due cartucce aventi densità molto alta rispetto alla normale, generalmente non esplodono. Anche qui esiste una densità limite:

Ecco un esempio di Grisutina:

Densità	1	1,08	1,1	1,15	1,20
Distanza di colpo cm.	13	20	21	23	16

Come per le prove di velocità, giunti alla densità limite, la distanza cade improvvisamente, e la cartuccia può anche non detonare completamente.

2) *Umidità dell'esplosivo* - Se la cartuccia è umida la distanza di colpo diminuisce.

Esempio: Esplosivo molazzato:

T.N.T.	10%
NH_4NO_3	79,5%
Si_2Ca	8%
Farina legno	2,5%

Densità	1,08	1,08	1,08	1,08
Umidità	0,50	0,67	0,74	0,78
Distanza di colpo cm. . . .	6	4	3	2

3) *Finezza dei componenti* - Più i componenti sono fini e più aumenta la sensibilità; se l'esplosivo è molazzato aumenta ancora di più come si può vedere nella seguente tabella:

Esplosivo Dinamon 1° della seguente composizione:

T.N.T.	20%
Alluminio	3%
$KClO_4$	8%
NH_4NO_3	69%

	Componenti passati prima al setaccio di 100 maglie per cm²	Componenti usuali	Esplosivo molazzato
Densità	1,1	1,1	1,1
Distanza di colpo cm. .	4	3	6

4) *Spessore della carta del bossolo* - Più si aumenta lo spessore della carta del bossolo al fondo della cartuccia, e più diminuisce la sensibilità. Riferendomi all'esplosivo citato nel paragrafo 3 con una carta più spessa, si ha in tutte le prove, un abbassamento di circa un cm.

5) *Potenza del detonatore* - Più il detonatore è forte e più aumenta la distanza di colpo. Le prove qui sotto elencate, sono state da me ripetute due volte.

Esplosivo molazzato (Atlante) incartucciato ad una densità di 1,13:

T.N.T.	12%	N. detonatore 3	8 cm. distanza di colpo
NH_4NO_3	68%	N. detonatore 4	10 cm. distanza di colpo
Si_2Ca	8%	N. detonatore 5	10,5 cm. distanza di colpo
Segatura	2%	N. detonatore 6	11 cm. distanza di colpo
$KClO_4$	10%	N. detonatore 8	12 cm. distanza di colpo
		N. detonatore 10	13 cm. distanza di colpo

Un'altra cosa che ritengo opportuno far notare e di cui i lettori già si saranno accorti, è che la distanza di colpo risulta direttamente proporzionale alla velocità dell'esplosivo, sia per gli esplosivi polverulenti che per i gelatinati.

Ecco qualche esempio:

GRISUTINA

Densità	1,08	1,1	1,15	
Distanza di colpo	20	21	23	
Velocità di detonazione m/s .	1811	2085	2287	
	Gomma A	GEO	GD 1°	GD 1° M
Distanza di colpo	35	29	20	1
Velocità di detonazione m/s .	7200	6700	6500	5900

Ho dovuto però constatare che, alcuni esplosivi non aventi all'aperto distanza di colpo, in foro da mina esplodono e lavorano bene.

Ciò è dovuto al fatto che il foro da mina conduce l'onda esplosiva in quanto è borrato e tutta l'onda di detonazione si propaga quindi anche attraverso la roccia.

Per esempio le gelatina P. 2 della quale, col metodo Dautriche non ho potuto calcolare la velocità e, all'aperto non è assolutamente sensibile se non col detonatore N. 10 col quale partono anche 5 cartucce a contatto, in foro da mina con detonatore N. 8 partono benissimo anche 32 cartucce come ho potuto constatare io stesso e così dicasi del GD I° M che molte volte non parte neppure per contatto, o al massimo parte a un cm.

La stessa cosa accade per moltissimi esplosivi polverulenti.

6) *Diametro della cartuccia* - Aumentando il diametro della cartuccia, aumenta la distanza di colpo e la velocità.

A proposito della *conduttività del mezzo* citerò le seguenti prove che io ho eseguito:
una cartuccia di Gomma A provoca, nel detonare, l'esplosione per simpatia di un'altra cartuccia alle distanze che seguono:

A) a 60 cm. e anche più, se le due cartucce sono su una lastra metallica;

B) a circa 30 cm. se le cartucce sono su di un terreno compatto, duro e resistente;

C) a pochissimi centimetri se le cartucce sono in acqua;

D) a pochi mm. se sono sospese nell'aria libera.

Voglio aggiungere che alcune esplosioni possono avvenire anche per « *simpatia* ».
E' interessante darsi ragione di cosa avviene in questo caso. L'ipotesi che più si è fatta strada è la seguente: quando esplode una data quantità di esplosivo, l'onda esplosiva, come abbiamo detto, si trasmette di punto in punto in una serie di numerosissime successive esplosioni attraverso la massa esplodente. Soltanto l'ultima di tali esplosioni è trasmessa con una forza viva all'aria circostante o alla materia sulla quale poggia l'esplosivo e, dato che non viene più rigenerata, si propaga indebolendosi a mano a mano che si allontana. Quindi, l'esplosione per influenza a distanza, avviene per il fatto che l'esplosivo che riceve l'onda, resta e trasforma nei punti d'incontro, l'energia meccanica di cui è capace di una simile specie di onda, in energia calorifica, capace di provocare la decomposizione e l'esplosione della sostanza stessa.
Secondo Coville la minima distanza alla quale si manifesta la detonazione per *influenza o per simpatia* che dir si voglia, può essere espressa per mezzo della relazione:

$$d = KG$$

in cui:
d = distanza in metri;
G = peso in Kg. dell'esplosivo che trasmette la detonazione;
K = è un coefficiente, generalmente inferiore ad uno, che dipende dal mezzo interposto tra le due cariche, dal potere innescante della prima carica e della sensibilità della seconda.

Il coefficiente K naturalmente è tanto maggiore quanto maggiore è la densità del mezzo interposto, in quanto da questo dipende la velocità dell'onda d'urto.

A proposito della conduttività del mezzo, aggiungo di aver più volte notato che, se la distanza di colpo di uno stesso esplosivo, viene fatta con terreno umido, per es. dopo la pioggia, questa aumenta anche

di un cm., dovuto al fatto che il terreno umido conduce più di quello asciutto.

Uno dei motivi per cui tutti i reparti di lavorazione degli stabilimenti di esplosivi devono essere muniti di robusti terrapieni e sfalsati tra loro e devono essere fabbricati a distanze stabilite, è appunto questo: che i terrapieni e lo sfalsamento dei reparti servono magnificamente a trattenere e a deviare l'onda esplosiva che può sprigionarsi da un reparto vicino in caso di esplosione. Meglio ancora i reparti sarebbero protetti se fossero costruiti tutti sotto il livello del piano-campagna. Aggiungerò che, anche piante di media altezza, servono a proteggere abbastanza bene i vari reparti, poichè esse servono a rompere l'onda esplosiva.

PROPAGAZIONE DELLA DETONAZIONE - DEFLAGRAZIONE E DETONAZIONE - ESPLOSIVI DIROMPENTI E PROGRESSIVI

Questa prova consiste nel determinare un numero massimo di cartucce da 30 mm. che, poste a contatto, su letto di sabbia, scoppiano con un detonatore del n. 3 (il detonatore si sceglie appunto debole per maggior sicurezza). Questa, oltre ad essere una prova di controllo della sensibilità di un esplosivo, può servire per vedere fino a che punto detona o se una parte di esso deflagra. In quest'ultimo caso le cartucce che deflagrano fanno un fumo diverso dalle cartucce poste in vicinanza del detonatore cioè di quelle che detonano.

Attualmente però tutte le prove vengono fatte col detonatore n. 8 anche perchè di inferiori a tale forza non se ne fabbricano più, e non se ne adoprano più.

Bisogna, prima di ogni altra cosa, distinguere nella decomposizione dell'esplosivo la *deflagrazione dalla detonazione.* Ora in tutti gli esplosivi sono possibili le due condizioni. Tra gli esplosivi polverulenti, ve ne sono alcuni che possono deflagrare e non detonare. E' degno di nota il fatto che la maggior parte degli esplosivi soltanto deflagranti, è costituita da una miscela di esplosivi che già per se stessi bruciano bene o che possono cedere ossigeno, ma che non sono assolutamente capaci di qualsiasi decomposizione esplosiva. Così è della polvere nera che, come vedremo, è composta di carbone di legna, solfo e nitrato di potassio e dove nessuno di questi tre corpi è capace, di per sè stesso, di esplodere. Per contro, il carbone di legna e lo solfo, possono bruciare, mentre il nitrato di potassio può cedere ossigeno. Soltanto le miscele di questi corpi determinano le caratteristiche dell'esplosivo.

La deflagrazione di simili miscele può condurre, come abbiamo detto, ad elevate velocità di decomposizione quando la decomposizione stessa avvenga sotto forte pressione.

Così per es. con la polvere al 75% di nitrato di potassio, 10% di

solfo e 15% di carbone di legna fortemente racchiusa, si ottiene una velocità di combustione di 400 m/s. Gli esplosivi che sono capaci di deflagrare vengono chiamati ad azione lenta, oppure *esplosivi di spinta* od *esplosivi progressivi.* Oltre alla polvere nera, si fabbricano infatti degli esplosivi detti progressivi per le cave di marmo o lavagna dove non occorrono esplosivi dirompenti; tali esplosivi generalmente sono formati di polveri alla nitrocelluosa e balistite (vedi più avanti).

In contrapposto ad essi, gli esplosivi capaci di detonare si chiamano esplosivi ad azione rapida od *esplosivi dirompenti* (distruttivi).

Agli esplosivi dirompenti appartengono tutti gli esplosivi a base di nitroglicerina, e tutti i dinamon, la maggior parte dei quali contengono tritolo, gli amatoli ed in generale tutti gli esplosivi da mina. Però ho notato che, in determinate circostanze, gli esplosivi dirompenti possono anche soltanto deflagrare.

Diverse volte feci delle prove di propagazione di detonazione della grisutina e di dinamon, mettendo anche 35 cartucce su un letto di sabbia a contatto l'una dell'altra. Durante le scoppio, ho notato, dalle prime alle ultime cartucce, una differenza di fumi. Questo fatto si è verificato meglio che in tutti gli altri esplosivi polverulenti, nella grisutina e in alcuni esplosivi a base di nitrato ammonico e basse percentuali di tritolo.

Infatti, fatta la prova con otto cartucce, queste, all'atto dell'esplosione, dettero fumi bianchi; aumentando il numero delle cartucce, dalla nona in poi dettero fumi rossicci. Da questo dedussi che le prime cartucce detonavano, mentre le altre deflagravano soltanto.

Lo stesso fatto, dice Beyling, succede qualche volta nei fori da mina. Qui la cosa è un po' diversa, poichè allora l'onda d'urto meccanica corrisponde all'onda di detonazione che si propaga anche attraverso la roccia.

Quest'onda d'urto meccanica porta allora la seconda cartuccia e le seguenti alla detonazione. Ne segue, che, purchè la detonazione sia completa, in date circostanze acquista un significato anche la natura della roccia che circonda la natura della carica.

Un materiale roccioso, tutto a crepacci, può portare all'annularsi dell'onda meccanica, e l'onda meccanica non potrà allora sostenere la detonazione, funzione della propagazione dell'onda d'urto meccanica.

Una roccia dura e compatta, trasmette l'onda meglio d'una tenera e friabile.

Mi sembra interessante riportare la Tabella 16 A di Both (Nobel Hefte 9/1962) nella quale sono indicati alcuni valori della velocità dell'onda esplosiva in mezzi diversi.

Da molte prove che io ho eseguito, ho potuto dedurre per es. quanto segue:

Un esplosivo a base di nitrocellulosa o balistite macinata, in una roccia compatta, dà buoni risultati anche se si provoca l'accensione soltanto con la miccia a lenta combustione senza detonatore; lo stesso esplosivo, in roccia che abbia soltanto delle screpolature o peggio ancora che sia friabile, senza detonatore, o brucia soltanto senza esplodere o, pur esplodendo, fa pochissimo lavoro, poichè, più di un'esplo-

sione, si verifica una deflagrazione. Le stesse cose si verificano anche per la polvere nera.

TABELLA 16A

Mezzo	Densità	Velocità
Basalto	2,72	5930 m/s
Calcare	2,70	6130 m/s
Carbone	1,40	3700 m/s
Argilla	2,20	2500 m/s
Acqua	1,00	1400 m/s
Sabbia	1,80	300 m/s
Aria	0,0013	330 m/s

Da questa tabella appare chiaro che la velocità aumenta con l'aumentare della rigidità del mezzo.

SENSIBILITA' ALL'INNESCAMENTO

La sensibilità all'innescamento consiste nel determinare il numero minimo di detonatore (vedi scala di Sellier e Bellot qui sotto citata), col quale, all'aria libera, una cartuccia intera del diametro di 30 mm. e di lunghezza normale, esplode.

TABELLA 17
Scala di Sellier e Bellot

Numero	Diametro mm.	Lunghezza mm.	grammi fulminato
1	5,5	16	0,3
2	5,5	22	0,4
3	5,5	28	0,54
4	5,5	28	0,65
5	6	30	0,8
6	6	40	1
7	6	45	1,5
8	6,8	50	2
9	6,8	55	2,5
10	6,8	60	3

Per eseguire le prove si opera nel seguente modo; si appoggia la cartuccia innescata col detonatore in prova su una lastra di piombo.

Dopo lo scoppio, se la cartuccia è detonata tutta, rimarrà sulla piastra il segno avente la stessa lunghezza della cartuccia, altrimenti sarà inferiore. La stessa prova si può fare sulla sabbia, ma è meno sicura.

Questo metodo di prova è ottimo perchè dà un margine di sicurezza, poichè se un detonatore X fa partire la cartuccia all'aperto, dato l'aumento della pressione del gas, tanto meglio partirà in foro da mina.

Come si può vedere dalla tabella n. 17 di Sellier e Bellot, *i detonatori di prova al fulminato di mercurio* si classificano in base alla quantità di fulminato che contengono e vengono così numerati. I primi sette tipi sono stati aboliti anche a scopo civile perchè danno luogo facilmente a detonazioni incomplete e quindi sono, oltre che contro producenti, anche pericolosi: si deve perciò, specie per le mine, usare un eccesso di innescamento senza tuttavia esagerare. Faccio subito osservare che, ora, i, detonatori vengono caricati in modo ben diverso, e cioè in ogni detonatore c'è un esplosivo primario che può essere fulminato, azotidrato o stifnato di piombo ed uno secondario (tritolo, T_4, pentrite, ecc.) come dirò nell'apposito capitolo.

I detonatori da mina più comunemente adoperati, sono quelli del n. 8 e del n. 10 sia al fuminato che all'azotidrato di piombo o allo stifnato di piombo.

Ho notato che la sensibilità all'innescamento è in rapporto alla velocità di detonazione e alla distanza di colpo. Nel capitolo « distanza di colpo », nell'apposita tabella, si vede che più il detonatore è potente e più l'esplosivo diventa sensibile.

La sua sensibilità è inversamente proporzionale alla sua compressione ed è molto maggiore per gli esplosivi polverulenti che per quelli gelatinosi, fusi o compressi.

I detonatori al fulminato di mercurio, a parità di carica, come ho potuto dimostrare, sono leggermente più deboli di quelli all'azotidrato o allo stifnato.

SAGGIO ALLA « BERTA » O DETERMINAZIONE DELLA SENSIBILITA'

Tutte le sostanze o miscugli esplosivi posseggono la caratteristica della sensibilità all'urto o, in generale, alle azioni meccaniche.

Per sensibilità di un esplosivo, dice Lenze, rispetto alle azioni meccaniche, s'intende la tendenza che un esplosivo ha di decomporsi con reazione esplosiva per un urto o per strofinio. I metodi per la determinazione della sensibilità all'urto delle sostanze esplosive sono semplici anche se non molto sicuri e precisi. Uno dei più diffusi è fondato sulla esplosione prodotta dalla caduta di un peso noto da un'altezza che varia con la natura dell'esplosivo.

Questo si chiama metodo alla « berta », la quale consta (fig. 25) di un piede di ferro su cui stanno avvitati due assi di movimento, lunghi circa 2 m. e divisi in cm. Una sbarra mobile fra due assi trattiene, per mezzo di una morsa, un peso di caduta di Kg. 2 (A).

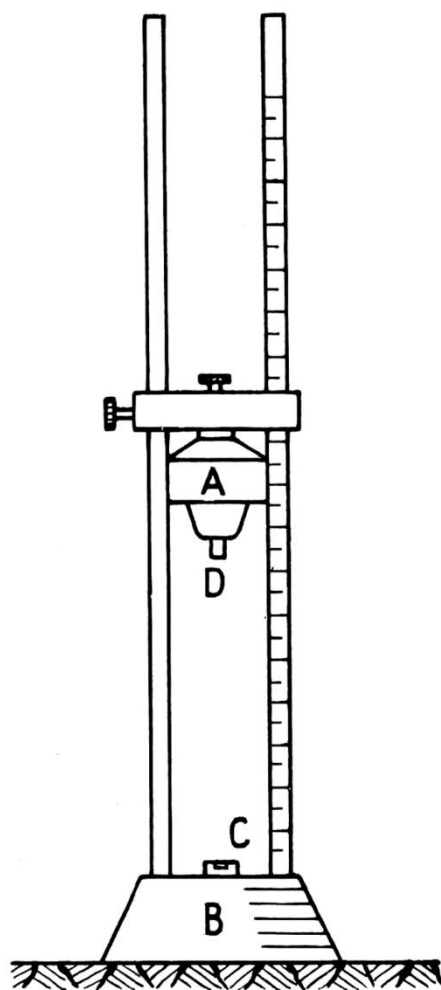



FIG. 25

« Berta » per misurare la sensibilità degli esplosivi da mina.

Al piede degli assi vi è un blocco di ferro (B) (incudine) in cui viene fatto un piccolo incavo rettificato (C) sul quale batte il pistoncino (D). L'esplosivo in esame compresso, oppure, se in polvere, coperto con sottile stagnola, si depone nell'incavo. La quantità di esplosivo adoperata varia da 0,05 a 0,2 gr. a seconda della forza e della sua sensibilità. Come si vede, il saggio è molto semplice, però per compierlo, occorre una certa tecnica.

1) Bisogna assicurarsi che la « berta » sia veramente a piombo e che lo strofinio della massa battente sulle guide sia ridotta al minimo.

2) L'incavo in cui va messo l'esplosivo e i pistoncini, devono essere perfettamente asciutti, non unti e ben rettificati.

3) L'esplosivo, specialmente se trattasi di esplosivo polverulento al nitrato ammonico, deve essere completamente asciutto, poichè è sufficiente che questo stia un pò all'aperto in luogo umido, per assorbire umidità.
4) L'impasto dell'esplosivo deve essere omogeneo.
5) Una prova va fatta diverse volte, altrimenti si potrebbe incorrere in grossi errori.

Come ho detto, questa è, a mio parere, una prova molto empirica specialmente per gli esplosivi da mina polverulenti, poichè è sufficiente che la miscela non sia fatta bene, per avere i risultati più strambi.

Per gli esplosivi gelatinosi a base di nitroglicerina, invece la prova è più sicura. Infatti ecco alcuni dati anche di esplosivi primari che generalmente non sono soggetti a forti varianti con peso di Kg. 2:

TABELLA 18

Gomma A	cm.	16-17	Γ_4	cm.	30-40
GD I	»	20-22	Fulminato di mercurio	»	4
G.R. normale . . .	»	32-34	Azotidrato di piombo .	»	8
Nitroglicerina . . .	»	5- 6	Stifnato di piombo .	»	9
Nitroglicol	»	8-10	Acido picrico	»	40
Tritolo	»	110	Tetrile	»	30
Polvere nera . . .	»	70-100	Trinitroanisolo . . .	»	90
Pentrite	»	27	Tetrazene	»	5
			Diazodinitrofenolo . .	»	7

La prova della « berta » o del « montone », come da qualcuno viene chiamata, è quasi indispensabile durante la lavorazione degli esplosivi primari quali fulminato, stifnato e azoturo di piombo poichè, da tale prova, si può dedurre se la lavorazione dei detonatori o delle capsule si può fare con discreta tranquillità o se, per motivi che in seguito vedremo, dovuti specialmente alla loro cristallizzazione, non è prudente. *Se la sensibilità è troppo forte, è più prudente distruggere l'esplosivo, poichè si corre il rischio di far succedere delle disgrazie e di rovinare l'attrezzatura di caricamento che è costosa.*

Dato però che i valori così determinati erano incerti a causa dello spessore dello strato di esplosivo e delle dimensioni della superficie d'urto che potevano variare ad ogni prova, Kast ha interposto tra il grave di caduta e l'incudine di base, uno speciale dispositivo consistente in due punzoni, l'uno superiore di acciaio temperato, con la superficie arrotondata destinato a trasmettere l'urto all'esplosivo e l'altro inferiore pure di acciaio temperato che funziona da incudine. E' naturale che, anche in questo caso, le superfici di impatto debbono essere perfettamente lisce e di dimensioni fisse. I punzoni debbono scorrere liberamente, ma senza gioco, in un manicotto e debbono essere rettificati. L'esplosivo, nella quantità sopra detta, viene messo tra due ron-

delline di stagnola e deposto nel manicotto, in modo che, girando a mano su sè stessi i due punzoni, sia assicurata la distribuzione uniforme su tutta la superficie di impatto. Per ogni altezza di caduta è bene eseguire almeno 20 prove. Le superfici dello stampo in cui avviene l'esplosione, vanno pulite accuratamente ogni volta e, i pezzi deteriorati, sostituiti.

In Germania si adoperano « berte » di 5-10-21 Kg. e così pure negli Stati Uniti dove si giunge fino a 200 Kg. con altezza massima di m. 7,50, ma soltanto per esplosivi bellici.

Le temperature alle quali si dovrebbero fare le prove alla « berta » variano da 15 a 20°. Come « limite » di sensibilità si considera l'altezza di caduta dalla quale, in prove successive, avviene, almeno una volta, una franca esplosione. Preciso però che non è possibile, con le prove della « berta », ottenere valori assoluti, poichè l'istallazione della « berta », la temperatura, l'aria e la granulazione dell'esplosivo hanno la loro importanza.

TABELLA 19

Sensibilità alle azioni meccaniche di alcuni esplosivi
(Da comunicazione del B.A.M. BERLIN)
(Da comunicazione* della WASAG-ESSEN)

DENOMINAZIONE	Sensibilità all'attrito (minimo carico che dà l'esplosione	Sensibilità all'urto (energia di urto = peso cadente × altezza di caduta
Nitrato ammonico	> 5	> 36
Perclorato ammonico	2,5	> 36
Dinitrobenzene	5,0	> 36
T_4	0,75	12
Nitroglicole	0,02	> 36
Nitroglicerina	0,02	> 36
Nitroguanidina	> 5	> 36
Pentrite	0,3	6
Nitrocellulosa	0,3	> 36
Acido picrico	0,75	> 36
Tetrile	0,3	36
Tritolo	1,5	> 36
*Gelatina 92/8	0,2	8
*Gelatina 38% Ngl.	0,2	24
Azotidrato Pb	0,75	0,01
*Fulminato Hg.	0,2	0,5

Circa la sensibilità all'attrito, le prove sono state effettuate, a quanto mi consta, con un apparecchio in cui, alla velocità di 10 cm/s alcuni mg. di esplosivo vengono sfregati con un pistoncino cilindrico a fondo bombato premuto con un peso noto su una tavoletta di porcellana, variando il peso fino ad ottenere inizio di decomposizione esplosiva.

PROVA DELLA PIASTRA DI ACCIAIO

La così detta prova della piastra, si fa per collaudare i detonatori o la Gomma A ed altri esplosivi dirompenti.

Essa consiste nel prendere una piastra di acciaio dolce tipo A Cogne, avente la lunghezza di 240 mm. (fig. 26) e la larghezza in pianta di 90 mm. che corrisponde alla lunghezza di una cartuccia di gelatina militare del diametro di 30 mm. o Gomma A del peso di gr. 100; la piastra è fatta appoggiare su travicelli di legno distanti 150 mm. La cartuccia si lega in corrispondenza della mezzeria della piastra e la si innesca con la capsula da sperimentare se si vuol collaudare il detonatore, o con la cassula n. 8 al fulminato di mercurio o all'azotidrato-stifnato di piombo e pentrite se si vuol collaudare la gomma. La detonazione deve provocare la netta rottura della piastra.

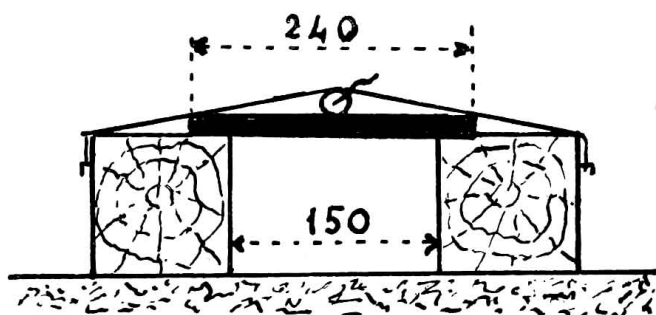



FIG. 26

Quantunque questa prova sembri molto semplice, tuttavia per compierla bene, occorrono alcune avvertenze che ho imparato con la pratica:

1) La cartuccia non deve assolutamente sporgere al di fuori della piastra di acciaio, altrimenti una parte dell'esplosivo scoppia fuori e non prende quindi parte alla prova.
2) La cartuccia deve essere legata molto solidamente alla piastra in modo che sia a contatto di questa per tutta la sua lunghezza.
3) Il detonatore va infilato dentro la cartuccia dell'esplosivo fino al limite massimo.
4) La piastra con la cartuccia va messa proprio in mezzo al castelletto di legno, in modo che la parte poggiante sui due travicelli che non devono essere smussati, sia uguale da tutte e due le parti.

Questa, come si vede, specialmente dal lato militare, è una prova molto interessante, in quanto da essa si può dedurre se un esplosivo

è in grado di rompere per es. una rotaia, una sbarra di ferro, un cingolo di carro armato o di squarciare la corazza di una nave.

Alcuni esplosivi a base di tritolo e T_4, per es. una formella da 100 gr. di *Tritolite fusa* 60/40 (60% di TNT e 40 T_4) col detonatore n. 10, rompe la piastra di 21 mm. e quella 50/50 la piastra da 23 mm.; il Compound B: 40% TNT e 60% T_4 la piastra da 25 mm.; il *Tritolital* composto di TNT 60%, T_4 20%, Al 20% sempre col detonatore n. 10 rompe la lastra di 21 mm. Col detonatore n. 8 la piastra, con tutte e tre gli esplosivi, viene soltanto piegata. *La Gomma A* invece col detonatore n. 8 all'azotidrato di piombo ne rompe una da 21 mm.

PROVA DI FRANTUMAZIONE DELLA SABBIA

Questa prova è usata specialmente negli Stati Uniti per le sostanze innescanti (fig. 142). Essa consiste nel far esplodere 5 gr. di esplosivo in un robusto involucro nel quale sono stati chiusi per es. 4000 gr. di sabbia silicea di una determinata granulometria lavata con acido cloridrico e passante ad un setaccio da 0,5 mm. L'esplosione è provocata da un detonatore elettrico i cui fili passano attraverso un foro del coperchio. Dopo l'esplosione, si estrae la sabbia fatta raffreddare e si setaccia con un setaccio da 0,5 mm. La percentuale di sabbia frantumata indica la dirompenza o il potere innescante dell'esplosivo esaminato. Ecco qualche dato ricavato da: Caprio - Esplosivi:

T_4	sabbia frantumata 82 %
Pentrite	sabbia frantumata 77,2%
Trinitrofenolo . . .	sabbia frantumata 72,2%

TEMPERATURA DI ACCENSIONE

Pur sapendo che la temperatura di accensione, generalmente, è più bassa della temperatura alla quale molte sostanze esplosive esplodono, dato che l'esplosione più che dalla temperatura è data dalla pressione, tuttavia in alcuni casi ed in speciali circostanze, è bene che questa venga controllata.

Per molte sostanze la temperatura d'accensione coincide con quella d'esplosione o quasi, ed eccone alcuni esempi:

TABELLA 20

Pentrite	215°
Tetrile	195°
Exyl	255°
Tritolo	300°
Esplosivi al nitrato ammonico (nessuna acc.)	—
Fulminato di mercurio	180°
Stifnato di piombo	270-280°
Azoturo di piombo	325-340°
Nitroglicerina	218° (espl. 240-250°)
Cotone fulminante non compresso	220 — 250
Binitroglicol	218°
Polvere nera	288°

Questi dati si riferiscono al riscaldamento graduale e non a quello improvviso.

Un buon sistema che io ho esperimentato molte volte e che mi ha dato buoni risultati e che serve, pur approssimativamente, a misurare la temperatura di accensione è il seguente:

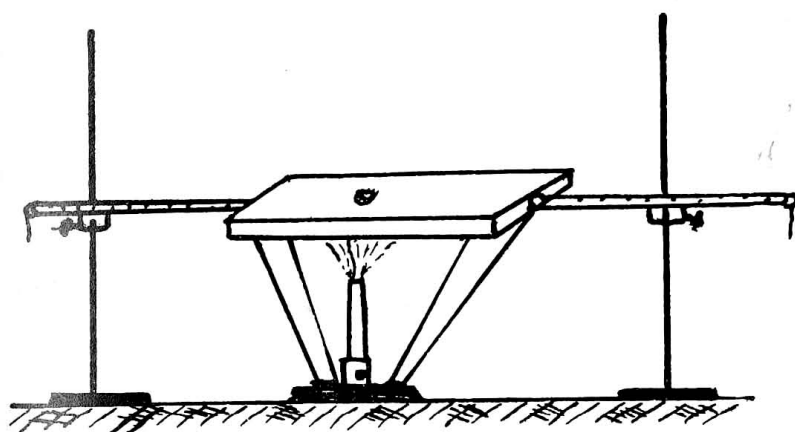



FIG 27

Si prende una lastra di ferro (fig. 27) levigata da ambedue i lati, dello spessore di 10-15 mm. di forma rettangolare avente i lati di 150 per 80 mm. Nel centro dello spessore del lato minore, si fanno due fori della profondità di 65 mm. in modo da potervi infilare due termometri che possono raggiungere la temperatura di 400°. (E' necessario, per maggior precisione, che i fori siano del diametro dei termometri). La lastra di ferro, dopo averla messa sopra un sostegno, si riscalda nel centro mediante una fiamma moderata, dopo essersi assicurati che i termometri non si sfilino dai fori della piastra sulla quale si sarà messo un pizzico dell'esplosivo in esame. Naturalmente è bene

che l'operatore si tenga il più lontano possibile con la faccia. Piano piano si vedrà allora salire la temperatura dei termometri fino a che, ad un certo punto, l'esplosivo o si incendia o esplode. Ciò però è difficile che si verifichi negli esplosivi al nitrato ammonico. Avvenuta l'accensione o l'esplosione o ambedue le cose, si prende la temperatura dei due termometri che sarà, ad un dipresso, quella d'accensione.

Ecco due tabelline riportate dal Vennin sui saggi di deflagrazione mettendo l'esplosivo in tubo di vetro dentro ad un bagno di olio riscaldato a 100° ed alzando la temperatura di 5° al 1'.

TABELLA 21 A

Esplosivo	Punto di deflagrazione o di scoppio
Polvere nera	280-285°
Dinamite n. 1	200-210°
Azotidrato di piombo	$>$ 335°
Fulminato di mercurio	175-180°
Nitrocotone ben stab.	180-185°
Nitrocotone mal stab.	130-140°

Adoperando invece un bagno di stagno fuso, i risultati sono i seguenti:

TABELLA 21 B

Esplosivo	Punto di deflagrazione (riscaldamento a temperatura costante)
Dinamite n. 1	192-197°
Azotidrato di piombo	320-330°
Fulminato di mercurio	137-142°
Cotone nitrato non stab.	174-179°

Altro sistema è quello di porre gr. 0,1 di esplosivo in un tubo da saggio che si immerge in un bagno d'olio o di paraffina scaldato a 100° e munito di termometro o, se si vuole andare a temperature oltre i 200°, in un bagno di lega fusibile. Si continua il riscaldamento in

modo che la temperatura salga di 10-15° al minuto primo e si nota la temperatura alla quale ha luogo l'ignizione o l'esplosione della sostanza.

Riporterò la temperatura d'accensione dei principali esplosivi:

TABELLA 22

Esplosivo	Riscaldamento lento	Riscaldamento brusco generalmente con esplosione
Tritolo	300-320°	240-250°
Pentrite	215°	215°
T_4	215°	215°
Acido picrico	300-310°	300°
Tetrazene	135-137°	—

Interessante è anche la Tabella 22 A a pag. 120.

MORTAIO O PENDOLO BALISITICO - STRENGT

Attualmente nei paesi anglosassoni e in Europa il mortaio o pendolo balistico viene molto impiegato per misurare la forza degli esplosivi che poi viene espressa in *Strengt*. Tale mortaio si compone di un cilindro di acciaio (mortaio) con due cavità cilindriche (fig. 28).

Nella prima più piccola viene fatta esplodere elettricamente una piccola quantità di esplosivo (10 gr.) in esame, nella seconda scorre un pistone a tenuta del peso di 16-17 Kg. che viene lanciato lontano dall'esplosione imprimendo al mortaio una spinta che provoca un'oscillazione di ampiezza massima α che viene registrata e misurata ed è proporzionale alla potenza dell'esplosivo.

Il mortaio è appeso mediante sottili aste metalliche ad un robusto asse orizzontale formando così un pendolo oscillante in un piano verticale. Le dimensioni usuali sono:

Lunghezza del pendolo	m.	3
Peso del mortaio	Kg.	300
Peso del pistone	Kg.	16
Diametro esterno del pistone	mm.	121
Peso dell'esplosivo impiegato	gr.	10
Volume camera di scoppio	cc.	270
Densità di carica	0,073	

La misura dell'oscillazione massima dovuta all'esplosione che si aggira per esplosivi molto potenti sui 20°, viene espressa in Strengt.

Ecco alcuni dati riguardanti il pendolo.

TABELLA 22A

	L'esplosivo si infiamma con				Durata combustione nella capsula rovente	Riscaldamento nel cilindro d'acciaio 5 gr. di esplosivo		
	scintilla di acciarino	miccia	fiamma	ferro rovente		Ø max. del foro che provoca esplosione	tempo accensione	tempo esplosione
Nitrato ammonico	no	no	no	parz.	10"	mm 1	43"	+ 29"
T_4	no	no	si	si	2 - 3"	mm 8	8"	+ 5"
Nitroguanidina .	no	no	parz.	no	8"	non esplode mai	—	+ —
Nitroglicole . .	no	no	no	si	5"	mm 24	12"	+ 10"
Nitroglicerina . .	no	no	no	parz.	2 - 3"	mm 24	13"	+ 0"
Pentrite	no	no	no	parz.	2 - 3"	mm 6	7"	+ 0"
Nitrocellulosa . .	si	si	si	si	deflagra	mm 20	3"	+ 0"
Tetrile	no	si	si	si	5"	mm 6	12"	+ 4"
Tritolo	no	no	no	no	5"	mm 5	52"	+ 29"
Acido picrico . .	no	no	parz.	fumo	5"	mm 4	57"	+ 16"

Sensibilità alle fiamme, alle scintille, alle alte temperature in genere (Studi del Bundesanstal für Materialprüfung di Berlin - Dahlem.

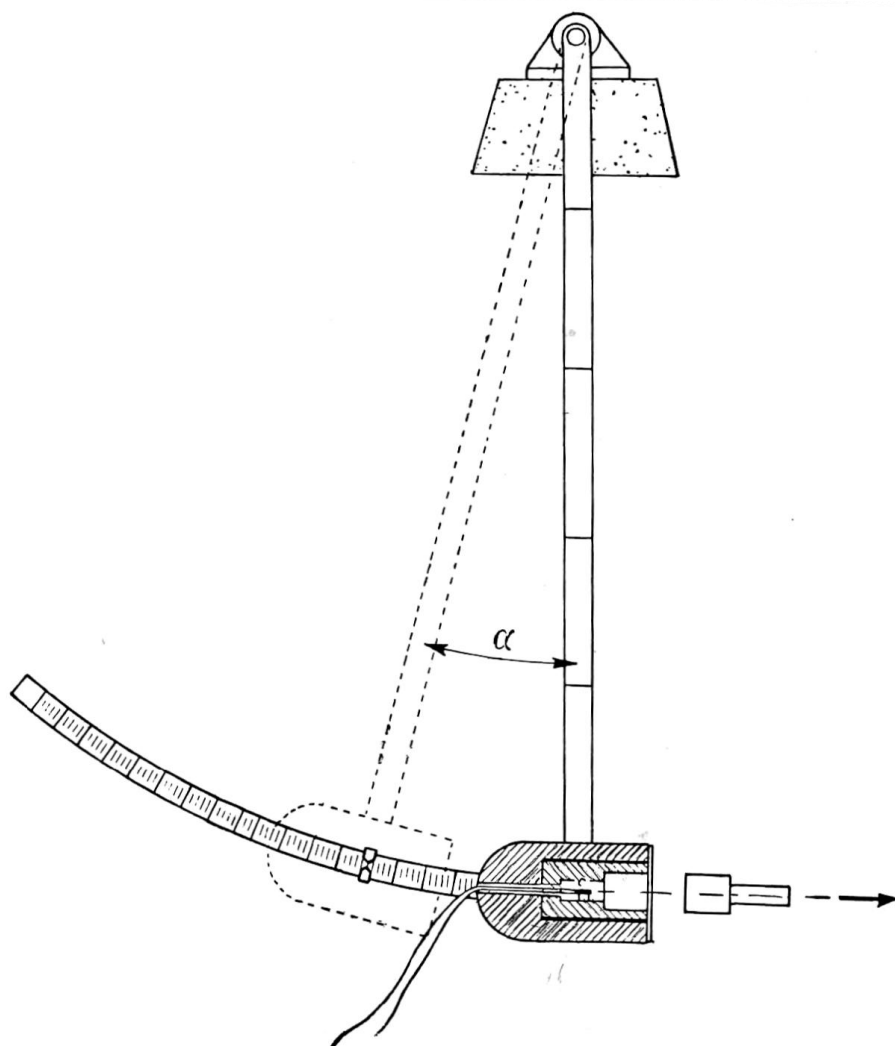



FIG. 28

Il mortaio di cui sono noti:
Lunghezza = l^o
Massa = M
Massa del proiettile = m
Periodo di oscillazione τ e quindi
frequenza $\omega = \frac{2\ \pi}{\tau}$
viene fatto spostare dall'esplosione di un piccolo angolo α con una velocità inziale di

$$v_0 = l^o\ 2\ \text{sen}\ \alpha\ \ 2$$

Il proiettile di massa M parte in senso opposto con velocità

$v = v^o \frac{M}{m}$ che può facilmente calcolarsi.

Si potrà quindi calcolare l'energia cinetica assunta dai due corpi al momento del distacco:

$$E\,m = \frac{1}{2} M\,v^{o2} + \frac{1}{2}\,m\,v^2$$

e confrontarla con l'energia potenziale o calore totale di esplosione.

Il rendimento termodinamico del mortaio balistico si aggira sul 42% e perciò è superiore a quello di una normale macchina termica.

Ad ogni modo, onde non complicare le cose, ci si limita ad eseguire delle prove di confronto con un esplosivo campione che è la Gomma A composta del 92% di nitroglicerina e 8% di cotone collodio, con la quale si ottiene la massima escursione del pendolo balistico e il valore di 100.

Lo Strenght quindi non è che il rapporto fra l'escursione del mortaio balistico con un determinato esplosivo e quello con Gomma A posto = 100.

Riporterò alcuni dati dal « Manual on Rock Drilling ».

Gomma A 92/8	Strenght = 100
Gelatina dinamite 38%	» = 92
Extradynamit LFB Svedese	» = 89
Esplosivi tipo amatolo 80/20	» = 83
Polar Ammon Gelignite inglese 25% Ngl.	» = 75
Esplosivi antigrisoutosi	» = 43

ed ecco alcuni valori per esplosivi inglesi:

TABELLA 23

Tipo di esplosivo	Strenght	Nome dell'esplosivo
Gelatina 92/8	100	Polarblasting Gelatine
Gelatina 38% Ngl.	92	Polar Ammongelatin dynamite
Gelatina 25% Ngl.	75	Gelignol
$TNT\text{-}NH_4NO_3$ 18/82	83	TNT Powder
$TNT\text{-}NH_4NO_3\text{-}Al$ 12/83/5 . . .	88	
Antigrisou 10% Ngl. con NaCl	66	Polar Viking
$TNT\text{-}NH_4NO_3$ 12/66 con NaCl .	58	Denaby Powder n. 2
$TNT\text{-}NH_4NO_3$ 11/50 resto NaCl	44	Unirend

ed ecco alcuni valori per esplosivi tedeschi:

Denominazione	Oscillazione relativa
Gelatina 92/8 Sprenggelatine	100
Ammongelit 2	86
Ammonit 1	78
Nobelit (antigrisou 1ª classe)	40
Astralit (antigrisou 3ª classe)	4,75

La prova del pendolo balistico valuta gli esplosivi essenzialmente in base alla energia di esplosione e si può quindi avvicinare alla prova Trauzl, ma le due valutazioni non concordano, in quanto è diversa la densità di caricamento e la porzione della curva di espansione dei gas cui compete il lavoro esterno valutato. In questi due sistemi i pareri sono discordi, ma, secondo il mio punto di vista la prova Trauzl si avvicina di più alla realtà.

PARTE SECONDA

DESCRIZIONE DEGLI ESPLOSIVI

CAPITOLO PRIMO

COMPOSTI ESPLOSIVI

A scopo di curiosità, comincerò a citare, seppure succintamente, due composti, venuti alla ribalta nell'ultima guerra 1939-1945, come propellenti, l'*idrazina* e il *solfato di idrazina*; il *nitrato di idrazina* è stato provato, ma con risultati non soddisfacenti.

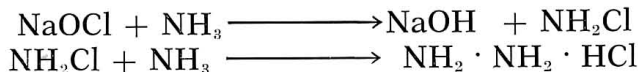
Idrazina o diammide (p.m. 32,05).

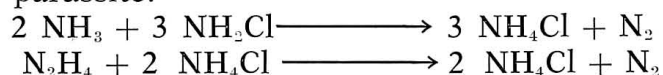
$$H_2N\text{-}NH_2$$

E' un composto adoperato in Germania e separato come solfato e come nitrato. Il suo uso più importante fu quello di carburante nei sistemi bipropellenti con acido nitrico, ossigeno liquido e acqua ossigenata: monopropellente in virtù della sua reazione di decomposizione. Fu usato infatti dai Tedeschi come carburante nei razzi.

Fabbricazione - Vi sono due sistemi.

Il processo Raschig, che consiste nel riscaldare una soluzione di ipoclorito di sodio con un eccesso di ammoniaca in modo da formare la cloroammina che reagisce con l'eccesso di ammoniaca formando l'idrazina:

$$NaOCl + NH_3 \longrightarrow NaOH + NH_2Cl$$
$$NH_2Cl + NH_3 \longrightarrow NH_2 \cdot NH_2 \cdot HCl$$

In soluzione acquosa si ha però un rendimento molto basso a causa delle reazioni parassite:

$$2\ NH_3 + 3\ NH_2Cl \longrightarrow 3\ NH_4Cl + N_2$$
$$N_2H_4 + 2\ NH_4Cl \longrightarrow 2\ NH_4Cl + N_2$$

Queste due ultime reazioni si possono facilmente limitare con l'aggiunta di colla, gomma arabica, gelatina, caseina (RASCHIG), oppure con idrossido di Magnesio (W. SANFTNER).

Preparazione dell'idrazina in laboratorio - Si può trattare un litro di soluzione acquosa di ammoniaca al 20% addizionata di 25 cc. di soluzione di gomma arabica all'1% con 500 cc. di una soluzione all'8% di ipoclorito di sodio, esente da cloro. Si concentra a metà nel vuoto,

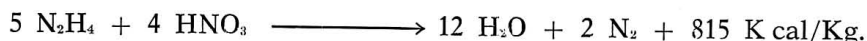
si raffredda a 0° e si aggiungono 10 gr. di ac. solforico concentrato. In tal modo si forma un precipitato di *solfato di idrazina.*

Altro metodo è quello dell'ossidazione dell'urea con ipoclorito che però tralascerò di descrivere.

Caratteristiche principali - Liquido incoloro che fuma nell'aria. P. e. 113°, a 71 mm. bolle a 56°; per raffreddamento con ghiaccio e sale solidifica in una massa cristallina bianca con p.f. 1,4 e densità 1,003. Solidifica verso — 40° e si conserva in recipienti di vetro paraffinato. Non deve venire a contatto con ossidi metallici e con composti ossidanti tipo clorato, ammoniaca, ecc. E' corrosiva e tossica e, onde prevenire incendi ed esplosioni, va conservata a temperatura inferiore a 40°.

Nitrato di Idrazina - (p.m. 95) - $N_2H_4\,HNO_3$

Come ho detto, è una sostanza poco interessante poichè molto sensibile all'innesco e all'urto. E' stata incorporata in miscele fuse al nitrato d'ammonio tra i 100 e i 120° onde migliorare la sensibilità. I nitrati dei complessi dell'idrazina hanno proprietà paragonabili a quelle del fulminato, azoturo e stifnato. Per avere la massima quantità di calore di reazione occorre che il calore di formazione dei reagenti sia basso, meglio ancora se negativo: l'esempio tipico è l'idrazina N_2H_4, liquido bollente a 113° e solidificante a 2° il cui calore di formazione negativo è di — 439 Kcal/Kg. Ne deriva una delle miscele più note, con acido nitrico cui corrisponde la reazione.

$$5\ N_2H_4 + 4\ HNO_3 \longrightarrow 12\ H_2O + 2\ N_2 + 815\ \text{K cal/Kg.}$$

Sono stati preparati anche clorati e perclorati dei medesimi cationi con proprietà superiori al fulminato, ma in pratica non vengono usati perchè troppo pericolosi, tanto che possono esplodere anche durante l'essiccamento. Per maggiori particolari consultare: A. Audrieth e B. A. Ogg. Chemistry of hydrazine. New York 1951; . Médard, Mem. Poudres, 31, 147, 159 (1952).

PROPELLENTI PER RAZZI

Poichè al principio di questo capitolo ho parlato di propellenti per razzi, dirò qualcosa in proposito.

Dobbiamo ricordare anzitutto che la propulsione a reazione è fondata, come ormai tutti sanno, sul principio dell'azione e reazione e che quindi un razzo viene spinto in avanti mediante una reazione chimica che, nella camera di combustione, produce una forte quantità di gas caldi e sotto forte pressione. Dobbiamo tener presente che all'estremità posteriore della camera di combustione, vi è una strozzatura per cui, quando i gas si espandono verso di essa, si ha una trasformazione dell'energia termica in energia cinetica che provoca la spinta in avanti del mezzo. Ma essendo la massa del proiettile molto superiore a quella dei gas, la sua velocità risulta molto inferiore; dato però che nella propulsione a razzo il proiettile ha con sè sia il combustibile che il comburente, mano a mano che la combustione progredisce, dimi-

nuisce la massa, per cui se i gas escono con velocità costante, il moto del proiettile ne risulta accelerato.

I propellenti si possono dividere in liquidi e solidi - I liquidi, a loro volta, in *monopropellenti* formati da un solo composto capace di generare prodotti gassosi per mezzo di reazioni esotermiche, e *bipropellenti* formati da un combustibile e da un ossidante che vengono a contatto al momento della reazione.

I monopropellenti si possono ancora suddividere in:

A) Esplosivi contenenti nella molecola sia il combustibile che l'ossidante, come per per es. il nitrometano, il nitroetano, il nitrato d'etile, il nitroetanolo, la nitroglicerina, il perossido d'idrogeno, ecc.

B) Composti instabili che facilmente subiscono una decomposizione esotermica come l'idrazina sopra citata, l'acetilene, l'ossido d'azoto, l'etilene, ecc.

C) Miscele sintetiche di ossidante più combustibile.

I propellenti usati nella seconda guerra mondiale sono stati i liquidi composti da gasolina, ammine aromatiche ed alcool come combustibili, mentre come ossidanti si è ricorsi all'ossigeno liquido, al perossido d'idrogeno e all'acido nitrico fumante.

Attualmente si cerca di adoperare, sia per missili a lungo raggio che per razzi a fasi multiple, propellenti solidi, uno dei quali brevettato da C.A. Thomas e J.R. Eck, a base di nitrato sodico, picrato d'ammonio e una resina termostabile del tipo urea-aldeide.

Molto interessanti e tutt'ora allo studio, tra i propellenti liquidi, sono una combinazione dell'idrogeno con altri elementi leggeri e specialmente i *borani* che, come dice la parola, derivano dal boro, il quale, dopo il litio e il berillio, è l'elemento più leggero che si può combinare con una quantità elevata di idrogeno formando idruri gassosi, solidi e liquidi.

I borani sviluppano potenze calorifiche molto elevate e quelli che, secondo E.A. Weilmuenster, pare siano i più promettenti, sono **il Pentaborano** B_5H_9 con densità 0,61 e una potenza calorifica di 16200 Kcal/Kg. e **il Decaborano** $B_{10}H_{14}$ con una densità di 0,94 e una potenza calorifica di 15250 Kcal/Kg. Interessante pare anche **il Diborano** B_2H_6 con densità 0,46 e potenza calorifica di 17400 Kcal/Kg. che si prepara aggiungendo idruro di litio all'eterato del trifluoruro di boro, secondo la reazione:

$$6\ LiH + 2\ B\ Fl_3 : O\ (C_2H_5)_2 \longrightarrow B_2H_6 + 6\ LiFl + 2\ (C_2H_5)_2O$$

che però è tossico e instabile in presenza specialmente di aria e umidità tanto che occorre conservarlo in bombole raffreddate con ghiaccio secco. In questi brevi cenni si può dedurre quale vastità ha tale problema, problema che però esula da quanto mi sono proposto trattare in questo mio libro sugli esplosivi.

CAPITOLO SECONDO

NITRODERIVATI ALIFATICI O DEL METANO

Il metano CH_4 può dare origine a diversi composti nitrici ottenibili tutti solo per via indiretta, poichè il metano ha scarsa attitudine a reagire con ossidanti energici quali l'acido nitrico.

Ecco i principali derivati:

Mononitrometano CH_3NO_2 che bolle a 101,5°.

Binitrometano $CH_2(NO_2)_2$ liquido a 15°, facilmente decomponibile.

Trinitrometano $CH(NO_2)_3$, che fonde a 15° e si decompone sopra i 100°.

Tetranitrometano $C(NO_2)_4$ che fonde a 13° e bolle a 126°.

Esanitroetano $(NO_2)_3C\text{-}C(NO_2)_3$: i cristalli fondono i 142° e si decompongono a 75°.

Nessuno dei nitroderivati alifatici, fino a pochi anni fa, ha avuto importanza nella tecnica degli esplosivi a causa della sua estrema sensibilità all'urto, della sua forte tensione di vapore e del costo troppo elevato.

L'unico di questi che pare sia stato adoperato nella guerra 1915-1918 dai Tedeschi mescolato alla polvere di lancio del cannonissimo, la famosa « berta » che bombardò Parigi da 110 Km. nel marzo 1918, è l'esanitroetano.

Io mi limiterò a parlare dei principali di tali nitroderivati.

Mononitrometano - CH_3NO_2 p.m. 151,042.

E' un composto usato dai Tedeschi in quest'ultima guerra come propellente nel lancio dei primi missili e cioè delle famose V_1 e V_2 che richiese però un sistema iniettore particolare, in quanto si constatò che tale composto poteva detonare per urto improvviso con aria

ad alta pressione e per passaggio ad alta velocità attraverso tubi chiusi agli estremi, strozzature, e altri ostacoli alla corrente.

Fabbricazione - Secondo Kolbe, in laboratorio si può ottenere per azione del nitrato sodico sul monocloroacetato di sodio nel seguente modo: si addizionano 100 gr. di ac. Monocloroacetico a 100 cc. di acqua: a questo miscuglio si aggiungono 90 gr. di nitrito sodico solido. Indi si scalda lentamente fino a quando comincia la reazione, dopo di che si trascina con una corrente di vapore d'acqua sino a formazione di nitrometano.

Caratteristiche principali - Liquido volatile, mobile, di odore simile a quello di mandorle amare, trasparente e infiammabile. Scioglie la nitro e l'acetilcellulosa, è tossico e in quantità superiore all'1%, può essere mortale. Mescolato ad etilato sodico esplode con rapido riscaldamento e, condensandosi con le aldeidi, forma nitroalcoli capaci di dare esteri nitrici da utilizzare come esplosivi.

Per diminuire la sensibilità alla detonazione si può usare la gasolina ed altre sostanze.

Tetranitrometano $C(NO_2)_4$ p.m 184,032

Tale composto lo cito solo per il fatto che, mescolato ad un combustibile organico, può essere usato al posto del perossido di azoto e dell'acido nitrico prendendo il nome di **Panclastite.**

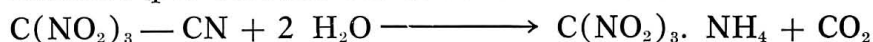
Fabbricazione - Si ottiene trattando l'anidride acetica con acido nitrico secondo la reazione:

$$4\ (CH_3CO)_2 + 4\ HNO_3 \longrightarrow C\ (NO_2)_4 + CO_2 + 7\ CH_3COOH$$

Caratteristiche principali - E' insolubile in acqua, ma facilmente solubile in alcool e solventi simili. Come già detto, ha debole tendenza all'esplosione, ma se mescolato a soluzioni acquose di composti organici, diventa fortemente esplosivo. Ha una tensione di vapore elevata, e volatilizzando facilmente non si presta per applicazioni pratiche. Forma composti di addizione con idrocarburi aromatici. P.f. 13°; p.e. 126°.

Esanitroetano p.m. 300,06 $C_2(NO_2)_6$.

Fu preparato nel 1914 da Will. Al pari del **Trinitrometano** o **nitroformio** ottenuto per idrolisi del trinitroacetonitrile:

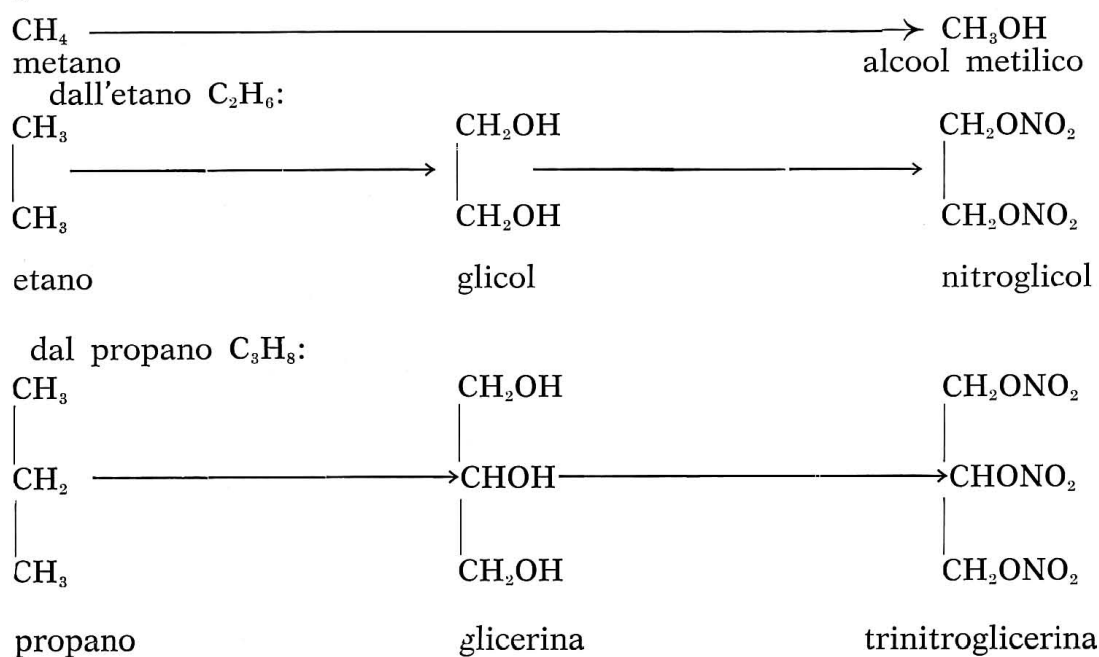
$$C(NO_2)_3 - CN + 2\ H_2O \longrightarrow C(NO_2)_3.\ NH_4 + CO_2$$

mescolato con sostanze organiche nitrate, forma esplosivi molto potenti.

Si può ottenere trattando a temperatura di 3-5° del sale potassico del tetranitroetano puro con ac. solforico concentrato e poi con un miscuglio nitro-solforico. Dopo il riscaldamento per 10' a 60-70° e successivo raffreddamento gettando tutto in acqua, mediante disacidazione e successivo trattamento con solventi (etere), precipitano cristalli bianchi con leggero odor di canfora. Tali cristalli fondono a 142° e sciogliendosi in benzene o toluene danno una colorazione gialla; con soda alcoolica danno tetranitroetano; scaldati a lungo a 75° danno vapori gialli, resistono abbastanza bene agli urti e agli sfregamenti.

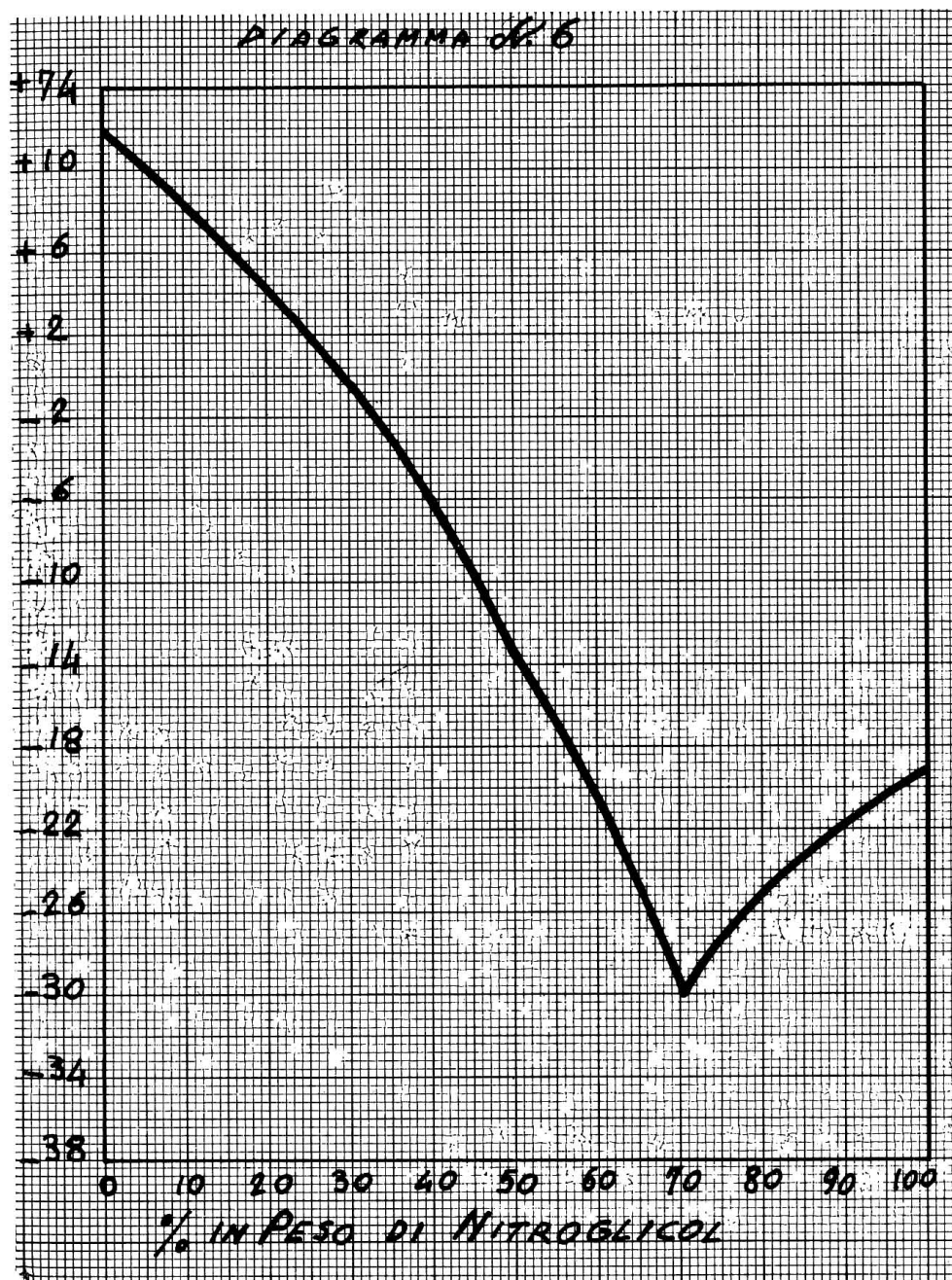
CAPITOLO TERZO

ETERI NITRICI

Descriverò gli esplosivi principali in gruppi distinti a seconda della loro conformazione chimica.

Dagli idrocarburi della serie grassa, rispondenti alla formula generale $CnH_2 + 2$ per sostituzione di tanti atomi di H quanti sono gli atomi di carbonio della molecola con altrettanti gruppi ossidrilici OH, si hanno gli alcoli, dai quali, per nitrazione, ossia per sostituzione degli atomi di H degli ossidrili con altrettanti gruppi nitrilici NO_2, si hanno gli eteri nitrici. Ad es. dal metano CH_4 si ha l'alcool metilico:

DINITROGLICOL O NITROGLICOL (p. m. 152,04)

Il dinitroglicol o, come più comunemente si chiama, nitroglicol, fu scoperto nel 1870 da Henry. Si prepara versando lentamente una parte di glicol in cinque parti di una miscela nitrico-solforica anidra conte-

nente circa il 42% di acido nitrico, non superando, durante la nitrazione, i 25°.

E' un liquido giallognolo, di sapore dolciastro, leggermente solubile in acqua, solubile in alcool-etere, benzolo e toluolo. Viene usato quasi esclusivamente per confezionare dinamiti incongelabili.

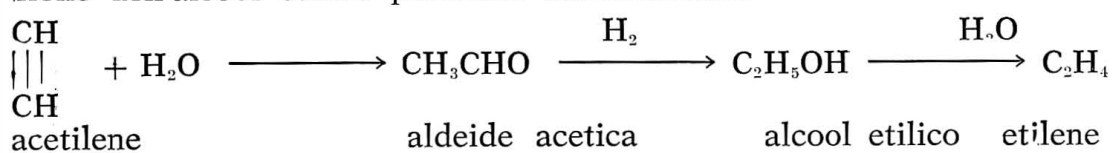
Congela a — 22,3°. La sua densità a 15° è di 1,49.

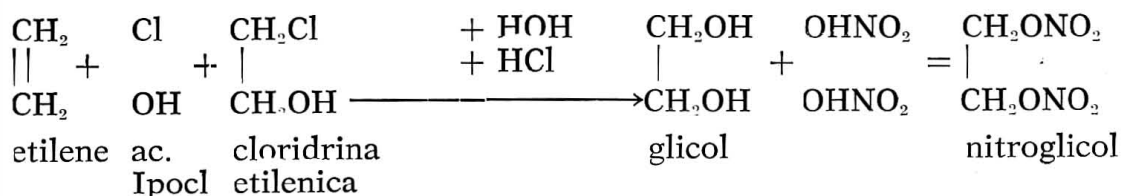
Mescolato con la nitroglicerina, abbassa notevolmente il punto di congelamento di questa sostanza, per cui, per gli esplosivi antigelo, si può sottoporre alla nitrazione una miscela glicerina-glicol nelle proporzioni di 80 della prima e 20 della seconda in modo da ottenere direttamente una miscela di nitroglicerina e nitroglicol che, dopo lavaggio e stabilizzazione, viene trasformata in dinamite o gelatina dinamite antigelo (vedi diagramma n. 6). Attualmente, dato il basso costo del glicol, tale miscela vien fatta normalmente. Si raggiunge la percentuale anche del 40% di glicol e, in alcune nazioni si adopera tutto glicol mescolato ad una data percentuale di binitrotoluolo, anche per rendere meno sensibile l'esplosivo. Però occorre tener presente che tali alte percentuali di glicol, specialmente durante la stagione estiva o in posti caldi, possono provocare il trasudamento dell'esplosivo, cosa molto pericolosa e che può dare origine oltre ad esplosioni, a malessere a tutti coloro che lo lavorano e anche a chi lo adopera. Infatti i suoi vapori, provocano la dilatazione dei vasi sanguigni, l'accelerazione dei battiti cardiaci e forti mal di testa, più di quanto non faccia la nitroglicerina.

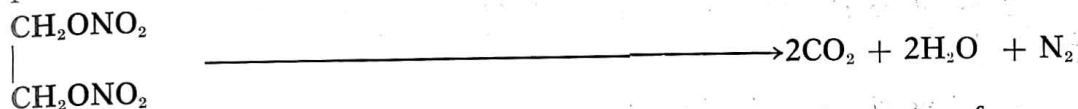
Tale stato di malessere però non dura più di tre o quattro giorni, cioè fino a tanto che l'organismo si è abituato.

Da prove che io stesso ho eseguito, col 20% di glicol, mescolato alla nitroglicerina, occorre una lunga permanenza a — 20° per avere l'inizio del congelamento della nitroglicerina e con oltre il 30% non mi è stato possibile avere il congelamento neppure a — 40°.

Durante la guerra 1915-1918, il glicol si cominciò ad adoperare in Germania in mancanza di glicerina e fu ottenuto sinteticamente dall'etilene C_2H_4 che, a sua volta, si aveva durante la trasformazione del litantrace in coke. L'etilene però si può ottenere anche per disidratazione dell'alcool etilico partendo dall'acetilene:

$$\underset{\text{acetilene}}{\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix}} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{aldeide acetica}}{CH_3CHO} \xrightarrow{H_2} \underset{\text{alcool etilico}}{C_2H_5OH} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{etilene}}{C_2H_4}$$

Clorurando l'etilene si ha una cloridrina del glicol; saponificando l'alogeno derivato in presenza di Na_2CO_3 si ottiene il glicol che, per nitrazione, dà il nitroglicol:

$$\underset{\text{etilene}}{\begin{matrix} CH_2 \\ || \\ CH_2 \end{matrix}} + \underset{\text{ac. Ipocl}}{\begin{matrix} Cl \\ \\ OH \end{matrix}} + \underset{\text{cloridrina etilenica}}{\begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} \xrightarrow[+ HCl]{+ HOH} \underset{\text{glicol}}{\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} + \begin{matrix} OHNO_2 \\ \\ OHNO_2 \end{matrix} = \underset{\text{nitroglicol}}{\begin{matrix} CH_2ONO_2 \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{matrix}}$$

E' una sostanza completamente combustibile ed esplosiva e contiene la quantità necessaria di ossigeno per ossidare completamente il carbonio e l'idrogeno in essa contenuto. La sua equazione di decomposizione è la seguente:

$$\begin{array}{l} CH_2ONO_2 \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{array} \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + N_2$$

E' meno sensibile all'urto della nitroglicerina. Le prove fatte ad una « berta » con una massa battente di Kg. 2, hanno dato luogo ad esplosione per le seguenti altezze di caduta:

Nitroglicerina	4- 5 cm.
Nitroglicol	8-10 cm.
Gomma A con nitroglicerina	16-17 cm.
Gomma A con nitroglicol	20-25 cm.

Ho potuto constatare però che il rendimento della nitrazione è leggermente inferiore a quello della nitroglicerina, poichè il nitroglicol è quattro volte più solubile in acqua della nitroglicerina.

A 35-36° ha una volatilità 13 volte superiore a quella della nitroglicerina. La stabilità supera raramente i 20' al saggio Abel a 80°.

La conservabilità delle dinamiti con nitroglicol è leggermente inferiore a quella con la nitroglicerina poichè, come abbiamo detto, è più volatile; ciò non avviene però se queste dinamiti sono conservate in luoghi freddi.

Le principali caratteristiche di questo esplosivo sono le seguenti:

Densità massima	1,49
Temperatura di esplosione	215°
Temperatura della fiamma di esplosione	3600°
Calore di esplosione in calorie	1485°
Pressione specifica Atm/Kg.	10500
Volume dei gas in litri	736
Cavità al blocco di piombo	570 cc.
Sensibilità alla « berta » in cm. con peso di Kg. 2 . . .	$8 \div 10$
Velocità detonazione m/s	7800
Bilancio di O_2	0

Gli apparecchi per la fabbricazione del nitroglicol e le fasi di lavorazione sono le stesse di quelle per la nitroglicerina (figg. 29-30-31-33).

Requisiti di un buon glicol per dinamiti

Aspetto = leggera opalescenza
Miscibilità in acqua = in tutti i rapporti
Densità a 15° = 1,119
Acidità espressa in KOH per 100 cc. = 0,20%
Numero di saponificazione espresso in NaOH = 0,008%
Saggio $AgNO_3$ al 4% = a 10' lieve intorbidamento
Ceneri = 0,001%

Cloruri = tracce minime
Residuo a 160° = 0,001%
Reazione al tornasole = neutra

Analisi chimica.

Odore dopo riscaldamento: In un bicchiere da 100 cc. si pongono gr. 10 di prodotto. Si tiene su bagno-maria per mezz'ora e si nota l'odore che non deve essere sgradevole.

Reazione al tornasole: A 5 gr. di prodotto, in tubo da saggio, si aggiungono 5 gocce di tintura di tornasole neutra. Si osserva la reazione:

Determinazione dei cloruri: in un pallone da 100 cc., con refrigerante ad aria, s'introducono 25 cc. di glicole, 10 cc. di NaOH N/2 e si riscalda per un'ora a bagno-maria. Dopo raffreddamento, si aggiungono 2 cc. di HNO_3 e 5 cc. di $AgNO_3$ N/10. Si titola l'eccesso di nitrato d'argento con solfocianuro di ammonio; 1 cc. di $AgNO_3$ N/10 equivale a gr. 0,005845 di NaCl.

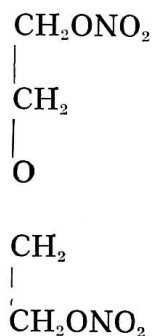
Ricerca dei solfati: A gr. 5 di prodotto, diluito con 20 cc. di acqua, dopo aver acidificato con 1 cc. di HCl diluito, si aggiunge 1 cc. di sol. 1:10 di cloruro di bario. La soluzione deve rimanere completamente limpida almeno per 5 ore.

Determinazione del titolo. In un pallone da acetilazione si pongono gr. 0,5 di sostanza, 5 cc. di anidride acetica e 1 gr. di sodio acetato anidro. Dopo un'ora di ebollizione si raffredda e si riprende con 50 cc. d'acqua bollente. Si travasa in un matraccio da 500 cc., si lascia raffreddare e si neutralizza esattamente con NaOH N/2 usando come indicatore la fenolftaleina. Si aggiungono 50 cc. di NaOH N/2, si saponifica l'acetil derivato scaldando per 2 ore a bagno-maria e si titola la soda caustica in eccesso, con HCl N/2; 1 cc. di NaOH N/2 equivale a gr. 0,0155 di glicole etilenico.

Determinazione del pH. Si esegue col comparatore di Hellige sul prodotto tale e quale, usando come indicatore il rosso di clorofenolo.

Reazione al nitrato d'argento. A cc. 5 di glicole, in tubo da saggio, si mescolano 5 cc. di sol. di $AgNO_3$ al 4%. La soluzione deve risultare limpida per almeno 5 minuti.

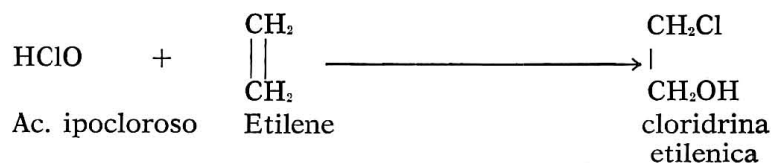
DINITRODIETILENGLICOL
o nitrodiglicole o nitroeterolo (p.m. 196,07)

Il nitrodietilenglicol è l'etere dinitrico del dietilenglicol ed ha la seguente formula:

Il dietilenglicol da cui si ottiene il nitrodietilenglicol, viene preparato in

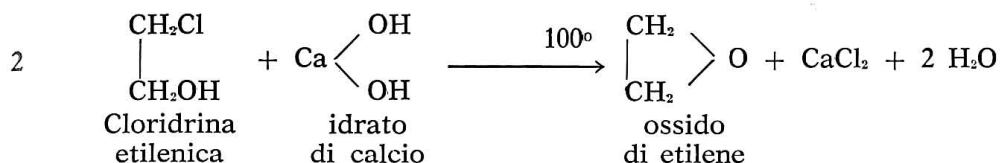
scala industriale secondo il seguente schema: etilene-cloridrina etilenica-ossido di etilene-diglicole.

Preparazione cloridrina etilenica:

$$HClO + \begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$

Ac. ipocloroso — Etilene — cloridrina etilenica

Preparazione ossido di etilene:

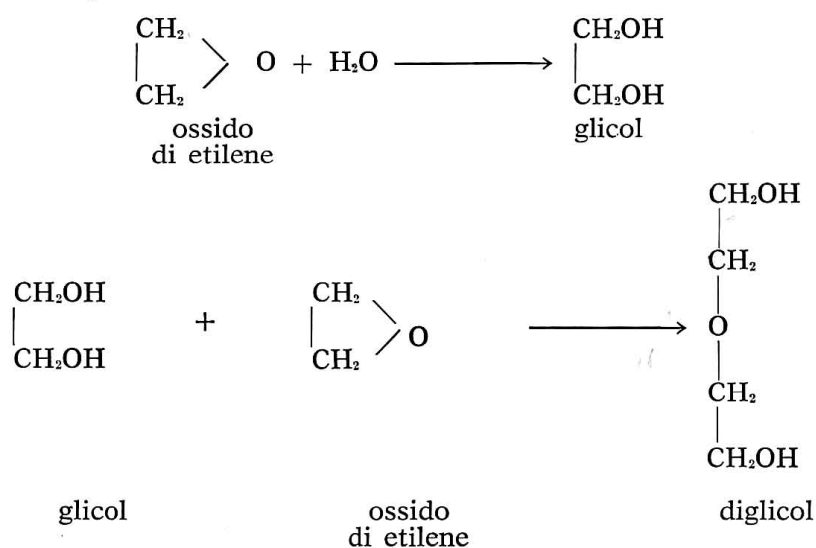
$$2 \begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + Ca\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \xrightarrow{100^{o}} \begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!> O + CaCl_2 + 2\ H_2O$$

Cloridrina etilenica — idrato di calcio — ossido di etilene

Preparazione diglicole:

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!> O + H_2O \longrightarrow \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$

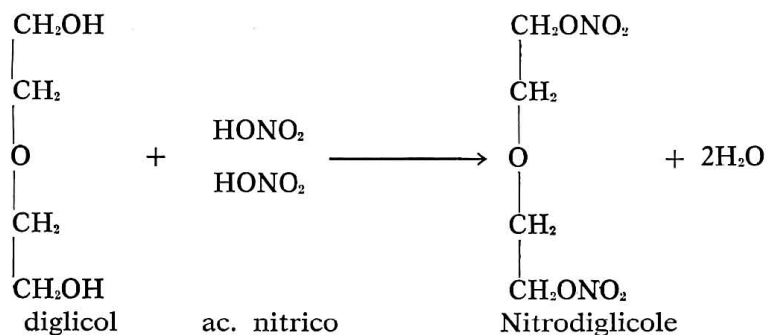
ossido di etilene — glicol

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + \begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!> O \longrightarrow \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ O \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$

glicol — ossido di etilene — diglicol

Il diglicole è un liquido leggermente giallognolo di odore sgradevole e di sapore dolciastro. E' meno vischioso della glicerina, il che favorisce la nitrazione. E' misciblile in acqua, in acetone, nitroglicerina, nitroglicole, alcool metilico ed etilico, non in benzolo e toluolo. Ha una densità a 15° di circa 1,12 e temperatura di congelamento — 10°, punto di ebollizione 250°.

Dal diglicole, per nitrazione si ha il nitro-diglicole

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ O \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + \begin{matrix} HONO_2 \\ HONO_2 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CH_2ONO_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ O \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{matrix} + 2H_2O$$

diglicol — ac. nitrico — Nitrodiglicole

Il **nitrodiglicole** è incolore, con densità 1,39 e congela a — 11,3°. E' più vischioso della nitroglicerina e più volatile, però di entità ancora accettabile. E' pochissimo igroscopico.

Le caratteristiche più importanti sono le seguenti:

Bilancio O_2	— 40,8
Calore formazione	506
Trauzl	410 cc.
Velocità detonazione	6600 m/s
Berta da Kg. 2	> 100 cm.
Sensibilità al calore	190°
Densità a 15°	1,39
Punto di congelamento	— 11,3°
Contenuto in Azoto	14,19%
Temperatura della fiamma di esplosione	2810°
Volume gas in litri	1028
Pressione specifica Atm/Kg.	12020
Calore esplosione	951 Kcal:gr.

Il suo largo uso in Germania in quest'ultima guerra, fu dato dal basso calore di esplosione e dall'ottimo potere gelatinizzante, per cui si è potuti arrivare, senza successive aggiunte di sostanze gelatinizzanti e raffreddanti ad un tipo di polvere a 690 calorie che è il tipo più freddo finora fabbricato dai Tedeschi e da loro impiegato per cannoni a tiro rapido e ad alta velocità iniziale come i contraerei.

A titolo di curiosità riporterò un tipo di composizione di tale polvere:

Nitrodiglicole	26,00%
Cellulosa	64,50%
Acardite	5,25%
Etilfeniluretano	4,00%
Ossido di magnesio	0,10%
Grafite	0,15%

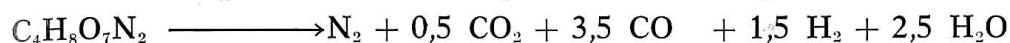
Il nitrodiglicol è più solubile nelle soluzioni acide che in acqua, meno nelle alcaline. Le principali proprietà fisiche sono riportate in confronto con la nitroglicerina e il nitroglicol nella seguente tabellina:

TABELLA 24

	Nitro-glicerina	*Nitro-diglicole*	*Nitro-glicole*
Densità a 15°	1,5995	1,3908	1,4962
Punto congelamento . . .	13,4°	— 11,3°	— 22,3°
Punto di ebollizione a mm. 1,5	117,5°	115°	72°
Indice di rifrazione a 20° . .	1,4744	1,4536	1,4491
Vischiosità a 15°	0,511	0,099	—
Solubilità in acqua a 15° . .	1,28%	3,8%	6,1%

Il nitrodiglicole ha un'azione gelatinizzante sugli esteri nitrici della nitrocellulosa, superiore a quella della nitroglicerina. E' poco sensibile agli impulsi iniziali e quindi la sua velocità di detonazione varia a seconda dell'innesco adoperato, ne consegue che è anche poco sensibile alla detonazione per influenza. E' meno sensibile della nitroglicerina agli impulsi meccanici.

La sua equazione di decomposizione è la seguente:

$$C_4H_8O_7N_2 \longrightarrow N_2 + 0{,}5\ CO_2 + 3{,}5\ CO + 1{,}5\ H_2 + 2{,}5\ H_2O$$

Al saggio Abel a 66° ha una stabilità inferiore a quella della nitroglicerina, mentre a temperatura più elevata, per es. al saggio tedesco a 120° e al saggio Taliani a 125°, dimostra una stabilità superiore.

La temperatura di accensione è di 340° rispetto ai 265° della nitroglicerina.

Ha un contenuto in Azoto del 14,29% contro il 18,51% della nitroglicerina; ha però un difetto di ossigeno del 40,82% rispetto all'eccesso del 3,52% della nitroglicerina.

Circa la distanza di colpo o di esplosione due cartucce unite di gomma al nitrodiglicol, a stento esplodono, mentre alla nitroglicerina esplodono a 40 cm. e più.

La temperatura dei prodotti di esplosione è di 3150° contro 5000° circa della nitroglicerina.

Fabbricazione nitrodiglicole. E' molto simile a quella della nitroglicerina. Il miscuglio nitrante è:

$$H_2SO_4 = 34\%$$
$$HNO_3 = 66\%$$

e il rapporto di nitrazione è di uno di glicole a 2,9-3,2 di miscuglio; la temperatura di nitrazione è di 20°. Molta attenzione occorre fare ai riguadagnati che possibilmente è bene non sostino mai, e in caso di assoluta necessità, è indispensabile raffreddarli a 10-15° e aggiungere lo 0,09% di urea. Il lavaggio viene fatto come per la nitroglicerina, ma a temperatura non superiore a 15°.

Esplosivi da mina con nitrodiglicol. Se n'è studiato qualcuno sia in Germania che in Italia, ma data la forte mancanza di ossigeno, non sono stati impiegati. Ne citerò qualcuno a titolo di curiosità:

Nitrodiglicole	36,5%
Collodio	1,5%
Pentrite	10,0%
Nitrato ammonico	28,0%
Nitrato sodico	24,0%

Alla pentrite si può sostituire il T_4, ma, come si vede, oltre a poter essere adoperati solo per cava, non sono convenienti per il prezzo.

Alcuni di tali esplosivi sono stati sperimentati dal Genio Militare, ma allo stato plastico. Eccone un esempio:

Nitrodiglicol	32%
T_4	68%

con un trauzl di poco inferiore alla gelatina gomma alla nitroglicerina. Si sono studiati anche esplosivi da mina con miscuglio nitroglicerina-nitrodiglicol con aggiunta di nitrato ammonico e T_4 con potenze molto prossime al GD 1 e al GEO che vedremo più avanti, ma che in effetti non sono stati adoperati principalmente per le ragioni scritte precedentemente.

TRINITROGLICERINA O NITROGLICERINA (p.m. 227,1)

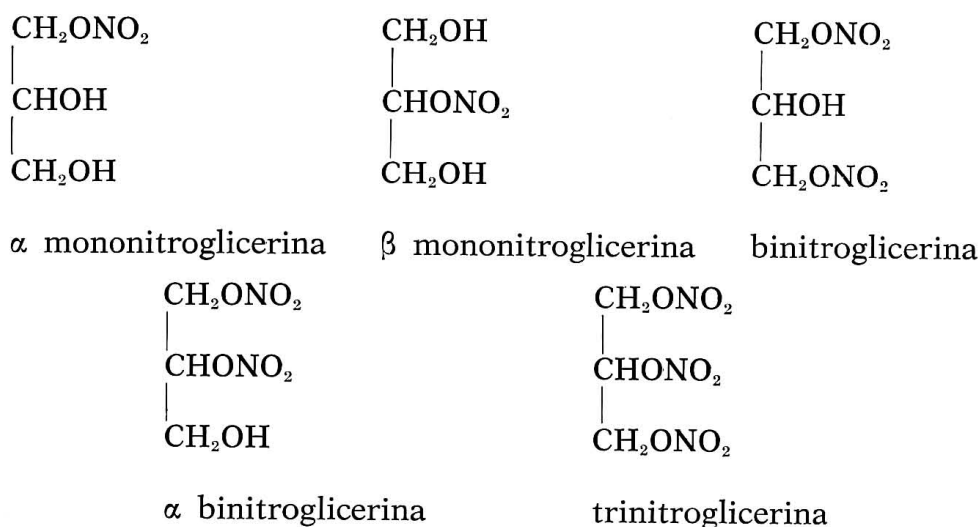
La glicerina, essendo un alcool trivalente, può dare origine a tre classi di derivati nitrici a secondo della sostituzione di uno, due, tre atomi di H degli ossidrili alcoolici con uno, due, tre gruppi nitrici NO_2.

Per cui abbiamo:

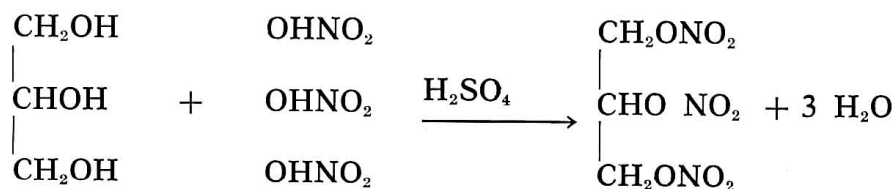
$$\begin{array}{l} CH_2ONO_2 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHONO_2 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH_2ONO_2 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{array}$$

α mononitroglicerina β mononitroglicerina binitroglicerina

$$\begin{array}{l} CH_2ONO_2 \\ | \\ CHONO_2 \\ | \\ CH_2OH \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH_2ONO_2 \\ | \\ CHONO_2 \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{array}$$

α binitroglicerina trinitroglicerina

Tutti questi nitroderivati sono conosciuti e caratterizzati da proprietà fisiche, però in pratica non hanno importanza perchè non sono adoperati. L'unico che, in passato, aveva avuto applicazione nella tecnica degli esplosivi, era la binitroglicerina che, mescolata alla nitroglicerina, serviva come anticongelante, ora sostituito dal nitroglicol o da altri composti.

La trinitroglicerina o più comunemente nitroglicerina, scoperta da A. Sobrero nel 1846 a Torino, si ottiene seguendo il metodo generale di nitrazione della glicerina con il miscuglio nitrico solforico:

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + \begin{array}{l} OHNO_2 \\ \\ OHNO_2 \\ \\ OHNO_2 \end{array} \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{array}{l} CH_2ONO_2 \\ | \\ CHO\ NO_2 \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{array} + 3\ H_2O$$

L'acido solforico esercita soltanto un'azione disidratante, mentre il nitrico prende parte attiva alla reazione. Infatti, come vedremo, l'*acido riguadagnato* che si ottiene dopo la nitrazione ha la seguente composizione:

Ac. solforico . . .	70,30% circa
Ac. nitrico . . .	9,25% circa
Acqua	19,50% circa

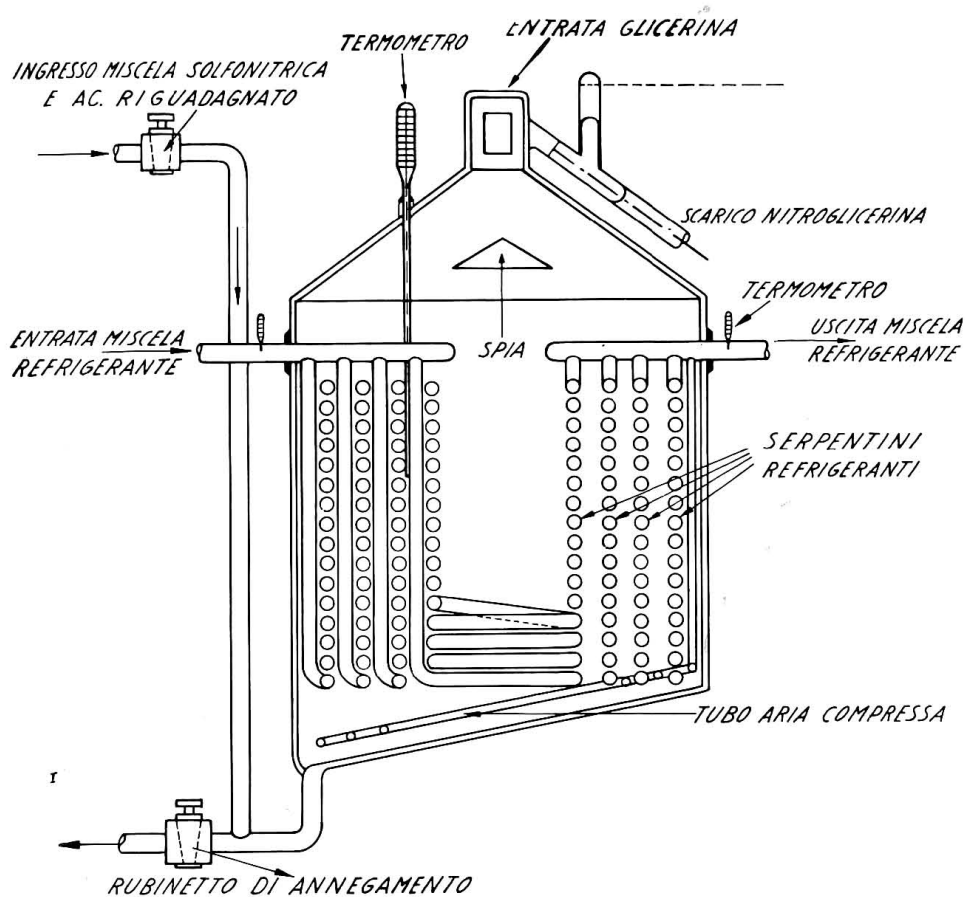



FIG. 29 - Apparecchio di nitrazione Nathan.

METODI DI FABBRICAZIONE DELLA NITROGLICERINA

Metodo di nitrazione Nathan - Il processo di nitrazione della glicerina, per quanto molto semplice, con questo metodo è abbastanza pericoloso ed implica molta attenzione e precisione in tutte le diverse fasi di lavorazione. Esso consiste nel far cadere lentamente la glicerina nel miscuglio nitrico-solforico nel rapporto di 1 a 5 circa. La reazione avviene con sviluppo di calore ed è quindi necessario che, durante la nitrazione, la temperatura non salga oltre i 24-25°, il che si può ottenere facendo cadere molto lentamente la glicerina nell'apparecchio con il miscuglio in continua agitazione e molto ben raffreddato mediante un serpentino refrigerante. L'apparecchio Nathan si può considerare uno dei più

antichi e ora, si può dire, non ne esistono più per cui verrà descritto solo a titolo informativo (fig. 29-30) ([1]). La reazione si fa avvenire in recipienti di piombo e non di ferro, perchè i sali di ferro che si formerebbero, eserciterebbero un'azione nociva sulla stabilità della nitroglicerina. Il processo Nathan, oltre ad essere il più semplice, è stato fino a poco tempo fa, uno dei più economici a causa del suo rendimento abbastanza elevato. Esso è dato dall'impiego dell'oleum per la preparazione degli acidi, il quale permette di ottenere facilmente delle miscele solfonitriche più concentrate; e quindi di ridurne la proporzione, e rende possibile inoltre la riutilizzazione diretta della maggior parte degli acidi residuati.

Oltre alla riutilizzazione degli acidi, ne risulta una riduzione di perdite di glicerina e nitroglicerina che ha permesso di elevare il rendimento da 224 a 230-232%.

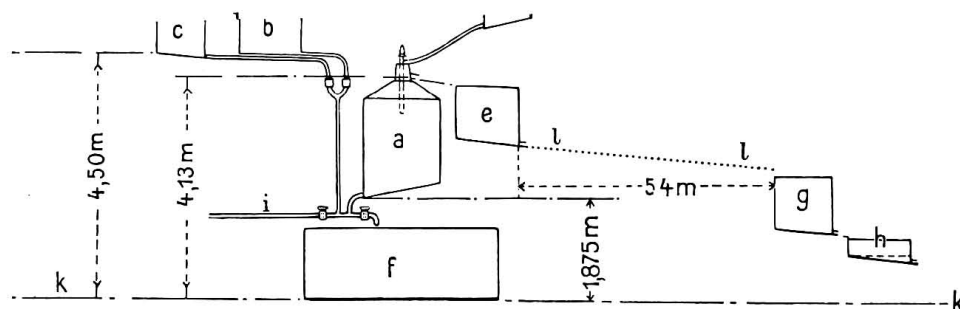



FIG. 30 - Schema generale di un apparecchio Nathan per nitrazione glicerina.

Un tempo, la resa pratica, rispetto alla teorica che è di 246,7 era di kg. 200-210 di nitroglicerina per 100 Kg. di glicerina, in quanto si adoperavano miscugli col 5-6% di acqua. Attualmente invece gli acidi di nitrazione sono privi di acqua, per cui i rendimenti si sono alzati.

La grande differenza che c'è fra la resa teorica e quella pratica, si può spiegare col fatto che, alla fine della nitrazione, l'acido nitrico libero è pochissimo e la glicerina che si aggiunge alla miscela, molto difficilmente viene nitrata, rimanendo disciolta nell'ac. solforico. Ritengo abbastanza interessante riportare una tabella della composizione degli acidi di nitrazione e dei riguadagnati sia per l'apparecchio Nathan discontinuo che per lo Schmid e Biazzi ambedue continui, di cui parleremo, premettendo che questi dati possono avere una tolleranza dell'1-2% in più o in meno, escluso naturalmente l'acido nitroso, la cui tolleranza può essere dello 0,02%. (Tab. 25).

La quantità di riguadagnato che si ottiene dalla nitrazione è di circa 4 volte la quantità di nitroglicerina.

Generalmente col Nathan, si ottiene un rendimento di 230-232% rispetto alla glicerina adoperando un miscuglio in rapporto di 1 : 5 contenente il 47-47,5% di HNO_3 e il 53-55% di H_2SO_4.

La separazione della nitroglicerina dal miscuglio acido, avviene per 865/870 Kg. di nitroglicerina prodotti per ogni operazione (naturalmente questo in rapporto alla capacità dell'apparecchio), in 20-25 minuti mediante un separatore che può essere confezionato con farina fossile e fluosilicato di calcio in parti uguali.

([1]) Prima del Nathan vi fu quello di Sobrero (1842), quello svedese a cascata (1868), quello Nobel-Sundström e infine il Nathan-Thomson-Rintoul del 1901).

Diversamente si impiegherebbe molto di più, perchè la differenza del peso specifico dei due liquidi è minima: infatti, mentre la nitroglicerina ha un peso specifico di 1,59-1,60, il miscuglio acido della composizione indicata, ha un peso specico di 1,7 circa.

Finita la nitrazione e lo spostamento si fa il lavaggio con acqua e soda in soluzione concentrata calda mediante agitazione leggera con aria.

TABELLA 25

Apparecchio Nathan discontinuo per nitroglicerina, nitrogliceringlicol e nitroglicol		Apparecchi continui Schmid e Biazzi per nitroglicerina, nitrogliceringlicol e nitroglicol	
Miscela nitrante	Ac. riguadagnato	Miscela nitrante	Ac. riguadagnato
Ac. nitrico 47% Ac. solforico 54% Ac. nitroso 0,1%	Ac. nitrico . 9% Ac. solforico 74% Acqua . . 19% Ngl 2%	Ac. nitrico 48% Ac. solforico 51% Ac. nitroso 0,1%	Ac. nitrico . 10% Ac. solforico 70% Acqua . . 19% Ngl 0,5%

NORME DI SICUREZZA PER LA LAVORAZIONE DELLA NITROGLICERINA

Tutti gli operai dei reparti di lavorazione è necessario portino scarpe di gomma e in buono stato, poichè la rottura di una suola o una stringa slacciata può farli inciampare e cadere, provocando, in caso abbiano in mano un recipiente con nitroglicerina, dei disastri. A titolo di curiosità ricorderò che all'autore di questo libro, una volta versando della nitroglicerina in una provetta per fare la stabilità, gliene cadde una goccia per terra, sul cemento, esplodendo e bruciacchiandogli la punta di una scarpa di gomma che indossava. Questo esempio dimostra l'estrema sensibilità della nitroglicerina, e quindi l'attenzione con la quale va trattata. Ritornando alle norme per la nitrazione, aggiungerò che, ogni giorno, terminato il lavoro, il Capo apparecchio e i suoi dipendenti, faranno una accuratissima pulizia di tutti i recipienti e dei locali, con abbondanti lavaggi di acqua pura o meglio con soda Solvay. Una volta la settimana, la pulizia verrà eseguita con soda caustica sciolta in alcool. Durante questo lavoro bisogna fare attenzione a non farsi colpire dagli schizzi. Si farà quindi una revisione generale a tutti i rubinetti, e qualora se ne trovasse qualcuno che, nell'aprirlo, oppone resistenza, andare molto cauti. La nitroglicerina che si raccoglie nei cassoni di spostamento deve essere portata al lavaggio.

Nei periodi invernali, le eventuali *operazioni di disgelo,* dovranno essere fatte con spugnature e panni imbevuti di acqua tiepida non superiore a 40°. Devono essere evitate tutte le manovre brusche e violente. E' necessario precisare che gli operai debbono ubbidire immediatamente e senza discussione al Capo apparecchio.

Queste norme, che, forse potrebbero apparire fuori luogo dato il carattere del libro, sono invece importantissime perchè l'esperienza insegna che anche piccole disattenzioni, oltre a provocare seri inconvenienti e perdite di tempo, possono essere fatali.

Aggiungerò che in alcuni stabilimenti, situati in zone ricche di acqua, non si adopera il refrigerante, ma il raffreddamento della miscela viene eseguito facendo circolare nei serpentini acqua corrente in grande quantità e, naturalmente, avente in partenza una bassa temperatura. Con tale sistema però l'operazione si svolge più lentamente.

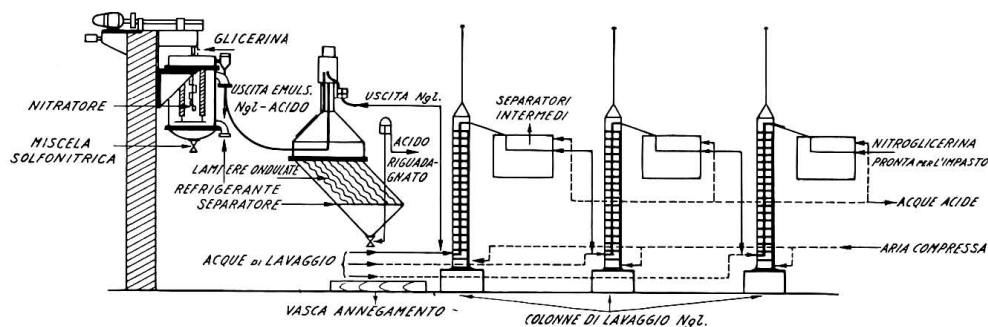



FIG. 31 - Schema di apparecchio Schmid per nitrazione glicerina.

Confronto tra apparecchio SCHMID e NATHAN

Oltre all'apparecchio Nathan da 860 Kg. di nitroglicerina, descriverò, in breve, un apparecchio perfezionato da Meissner a nitrazione continua mettendo in rapporto i due sistemi. Con l'apparecchio Schmid a nitrazione continua da 450 Kg./ora (fig. 31) si fa avvenire, come per il Nathan, il contatto della glicerina con la miscela. Il nitratore è di acciaio inossidabile ed ha le seguenti dimensioni:

Altezza	cm. 95
Diametro	cm. 48

mentre il nitratore del Nathan, di piombo, dello spessore di 9 mm. a fondo inclinato, ha dimensioni molto superiori, con coperchio tronco-conico e la così detta *lanterna*, dalla quale viene scaricata la nitroglicerina. Nello Schmid il *refrigerante* è costituito da un dispositivo tubolare cilindrico partente dalla parte inferiore del nitratore e terminante alla cima, formando così una cavità cilindrica centrale.

Nel Nathan, per la produzione di 820 Kg. di nitroglicerina, il refrigerante è composto di quattro serpentini concentrici della lunghezza complessiva di circa 90 m., del diametro interno di mm. 60 e dello spessore di 8 mm. Nell'interno vi sono ancora n. 12 soffioni per l'agitazione dell'aria che sfociano al fondo dell'apparecchio. L'aria del Nathan è compressa ad Atm. 3,5. Nello Schmid l'agitazione è ottenuta mediante un agitatore meccanico a palette che ha, nella parte inferiore, un'elica che provoca nella cavità centrale un movimento del liquido dall'alto verso il basso.

Il nitratore porta nella parte superiore un vetro forato per il passaggio dell'albero dell'agitatore, del termometro a relais e della glicerina. Questo vetro

permette di osservare il movimento del liquido e l'eventuale formarsi di vapori rossastri. La glicerina che deve avere una temperatura di 30°, viene spinta mediante apposito regolatore (rotametro), nella parte centrale dell'apparecchio con pressione di 1 Atm. La miscela solfonitrica entra, come nel Nathan, dal fondo dell'apparechio e viene regolata anche questa mediante un rotametro, mentre il refrigerante deve avere almeno una temperatura di —6° all'entrata e —4° all'uscita a causa del continuo afflusso dell'acido.

L'apparecchio di refrigerazione, come per il Nathan, è a salamoia e produce 50.000 frigorie.

Nell'apparecchio Schmid un rompigetto orizzontale, situato al disopra dell'apertura di immissione della miscela solfonitrica, dirige il liquido verso le pareti del nitratore. Un termometro a relais, immesso a mezza altezza del liquido, permette di seguire la temperatura.

La glicerina, cadendo nella parte centrale, si nitra quasi immediatamente quando arriva a contatto della solfonitrica. Il miscuglio, come abbiamo detto, circola intorno alle pareti del nitratore dal basso in alto e si scarica dalla parte superiore dell'apparecchio. Come separatore si adopera olio **minerale** che cade goccia a goccia dentro l'apparecchio. Con questo tipo di nitratore, come abbiamo detto, si possono fabbricare 450 Kg. di nitroglicerina all'ora, mentre con un solo apparecchio Nathan, dovendo fare diverse operazioni, se ne produrebbero circa 360. Facendo però lavorare i due nitratori Nathan non alternati (poichè tutti gli stabilimenti è bene siano provvisti di due nitratori) la produzione salirebbe a circa 600 Kg./ora. Però, per sicurezza, è sempre bene far lavorare un nitratore alla volta.

La composizione della miscela solfonitrica impiegata è quasi uguale a quella del Nathan e cioè:

Ac. nitrico . . .	46,80 - 47,50%
Ac. solforico . .	53 - 55%

La quantità rispettiva di miscela e di glicerina sono, come per il Nathan, di 1 : 5 circa.

La temperatura di nitrazione non deve sorpassare i 24 - 25°. A 35° avverrebbe l'annegamento automatico a mezzo di un termostato.

Nel Nathan l'*annegamento* avviene mediante leve situate una a destra dell'apparecchio e le altre in camminamenti e rifugi vicini. Tali leve ad aria compressa aprono automaticamente il rubinetto dell'apparecchio situato sul fondo, e l'aria che agita, mediante serpentini, l'acqua contenuta nella stessa vasca d'annegamento. L'apparecchio si vuota in 40". Nello Schmid questo avviene per mezzo di un termometro a relais.

Tale apparecchio è munito anche di un annegamento a mano. Negli apparecchi più recenti sono state apportate molte migliorie, l'annegamento per es. è sempre automatico, ma ad aria compressa, il che è molto più sicuro e la nitroglicerina, dopo essere passata in diverse colonne di lavaggio, esce già stabile e limpida.

SEPARAZIONE

Mentre nell'apparecchio Nathan *la separazione* avviene nello stesso apparecchio di nitrazione per mezzo del riguadagnato che entra dal fondo, nello Schmid essa avviene in un recipiente di forma parallelepipeda in acciaio inossidabile a base quadrata di m. 0,73 di lato, e di m. 1,95 di altezza.

E' inclinato a 45° e percorso internamente da lamiere ondulate in acciaio (circa 35 disposte nel senso della lunghezza dell'apparecchio).

A mezza altezza, nella parte superiore, si trova il tubo di entrata del miscuglio proveniente dal nitratore. Un po' più in alto una spia di vetro permette di vedere il comportamento della separazione della nitroglicerina e degli acidi residuati.

Negli interstizi tra le lamiere ondulate, la separazione della nitroglicerina avviene sotto forma di piccole gocce che vengono mano a mano alla superficie ed è abbastanza rapida. La durata del passaggio dell'emulsione dall'apparecchio al separatore è di circa mezz'ora da quando si comincia la nitrazione. L'evacuazione della nitroglicerina si fa per troppo pieno in un recipiente di vetro esistente sopra il separatore, recipiente di vetro che ha la stessa funzione della lanterna nel Nathan. La nitroglicerina cade in una tubazione sormontata da un imbuto, gli acidi residuati vanno via da una tubazione disposta nella parte inferiore del separatore; di qui ad un montaliquidi e poi allo spostamento e alla denitrazione. La composizione dei riguadagnati è uguale, come abbiamo visto, a quella del Nathan.

LAVAGGIO

Il lavaggio nello Schmid si fa in maniera continua in due tempi. La nitroglicerina acida del separatore passa, mediante un iniettore, in una colonna di 30 anelli di vetro avente m. 3 di altezza e un diametro di cm. 6. Tra un anello e l'altro è piazzata una placca con fori di mm. 3 in acciaio. Questa colonna è tenuta insieme da tre aste di ferro rivestite di gomma unite tra loro da tiranti. La nitroglicerina, dal separatore entra nella parte inferiore mediante caduta, accompagnata nell'interno della colonna da un getto d'acqua pura a 20° circa,

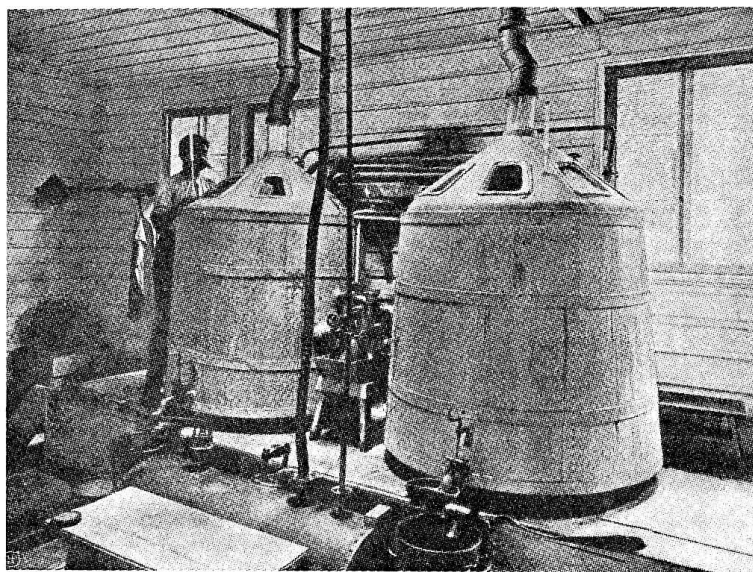



FIG. 32

Vecchio locale per il lavaggio e stabilizzazione della nitroglicerina con sistema Nathan.

avente la pressione di 1 Atm. che aiuta l'agitazione e quindi il lavaggio. Nella parte superiore, un troppo pieno permette l'evacuazione della mescolanza acqua-nitroglicerina verso un separatore.

Il lavaggio con acqua pura, viene fatto in una specie di tino di forma ovoidale diviso in due parti, per la sua lunghezza, da una parete di legno.

Ogni parte è divisa da altre quattro pareti di alluminio in comunicazione tra loro con fori, in modo che il miscuglio nitroglicerina-acqua passi da uno scompartimento all'altro lavandosi ancora mediante acqua.

Naturalmente anche qui esiste un troppo pieno dal quale va via l'acqua. La nitroglicerina con un po' d'acqua è inviata da un iniettore, accompagnata da una soluzione di soda al 5% che viene iniettata alla pressione di una atmosfera, in una tubazione di piombo che porta ad un altro locale di lavaggio, in una colonna di vetro a 18 anelli separati da placche, simile a quella dell'apparecchio, ma aventi le seguenti dimensioni: altezza m. 1,60, diametro cm. 30, in cui viene iniettata aria che serve per agitare o far salire la miscela nitroglicerina-acqua sodata alla cima della colonna da cui, per mezzo di una tubazione, casca in tre tini di lavaggio in legno delle seguenti dimensioni: diametro m. 1,20, altezza m. 1,20.

Qui viene preso il campione della stabilità che però non supera mai i 18-19'. Se per caso, la stabilità non fosse buona, allora la nitroglicerina viene lavata nuovamente con lo stesso sistema Nathan (fig. 32).

Negli apparecchi più moderni, il lavaggio della nitroglicerina, viene fatto nel locale stesso dell'apparecchio di nitrazione attraverso quattro colonne come quelle sopra descritte e di qui, mediante tubazione, la nitroglicerina viene inviata al filtro dove giungerà già stabilizzata.

Il rendimento con l'apparecchio Schmid si aggira sui 230-235, quindi leggermente superiore al Nathan che, come abbiamo visto è di 230-232.

Uno dei vantaggi più notevoli degli apparecchi continui consiste, oltre che per il loro rendimento un po' più elevato, nel produrre nitroglicerina nella quantità voluta dalle esigenze di lavorazione *(poichè non è nè permesso nè consigliabile, il tenere nitroglicerina anche sott'acqua un giorno per l'altro)*, nella diminuzione della quantità di nitroglicerina che si trova nel locale di nitrazione per una stessa produzione oraria, nella soppressione o quasi di rubinetti sempre pericolosi, e nella emissione inferiore di vapori di nitroglicerina nei locali sia di nitrazione che di filtraggio e lavaggio che danno sempre un po' di noia agli operai addetti a tali operazioni. La manutenzione di qualsiasi apparecchio per la nitrazione della glicerina deve essere molto accurata.

Ciò che occorre tener ben presente è che gli operai addetti a tale lavoro devono essere persone molto a posto, intelligenti, molto calmi e dotati di sangue freddo, precisi e amanti della pulizia e dell'obbedienza.

APPARECCHIO A NITRAZIONE CONTINUA BIAZZI

Il procedimento dell'ing. Biazzi, il cui apparecchio fu brevettato nel 1935, modificato poi nel 1940 e ancora negli anni seguenti, equivale agli effetti pratici, a quello dello SCHMID. E' molto sicuro per la quantità di nitroglicerina presente nel sistema, nel poco ingombro e perchè, con tale apparecchio, si possono preparare anche il dinitroglicol e il dinitrodietilenglicol. L'apparecchio è tutto di acciaio inossidabile perfettamente levigato onde impedire che nell'interno si possano formare sacche di nitroglicerina sempre pericolose e si compone di un nitratore, di un separatore e di tre vasche di lavaggio agitate meccanicamente (fig. 33).

Nell'apparecchio di nitrazione, raffreddato con un sistema a spirale chiusa, in cui circola una salamoia di nitrato di sodio a — 5° per mantenere la temperatura a 10-15° durante la nitrazione, l'agitatore ad elica è azionato da una turbina che gli fa fare circa 600 giri al minuto

primo. L'elica produce un vortice in cui cadono la glicerina e la miscela solfonitrica con la normale composizione dello Schmid-Meisner che, mescolandosi insieme, vengono spinte verso il basso, formando una miscela, la quale risale verso l'esterno fino ad uscire da un troppo pieno comunicante col separatore, mentre la temperatura non deve oltrepassare i 18°. Tale separatore di forma larga e schiacciata, porta tre finestre « spia » poste all'altezza della superficie di separazione fra i due strati e, sul fondo, un tubo di annegamento automatico. L'emulsione

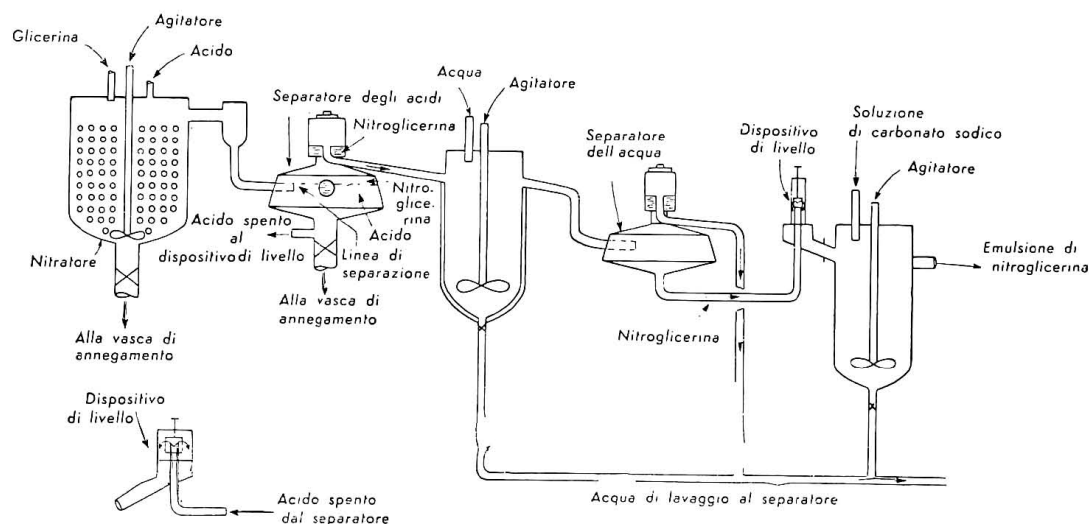



FIG. 33 - Schema di apparecchio Biazzi per nitrazione glicerina.

proveniente dal nitratore, ha la particolarità di entrare poco al disotto della superficie di separazione, imponendo al liquido un lento moto centrifugo che, facilitando la rottura della schiuma, provoca la separazione dei due strati .La nitroglicerina esce dall'alto e con continuità dal separatore e l'acido riguadagnato esce dal fondo per mezzo di un tubo di livello che può essere alzato od abbassato mediante una vite micrometrica.

La miscela esaurita o riguadagnata, prima di passare alla denitrazione, attraversa un recipiente di diluizione dove si addiziona circa il 2% di acqua per distruggere la nitroglicerina residua (tale operazione viene detta « bruciatura », operazione che, in molti stabilimenti, viene fatta o nello stesso apparecchio alla fine dell'operazione o nei recipienti di raccolta dei riguadagnati prima di farli giungere alla denitrante). Di conseguenza, nitroglicerina liquida ve n'è solo nel separatore, mentre la quantità rimanente è emulsionata in condizione di sicurezza. La nitroglicerina acida esce dal separatore e passa nella prima vasca di lavaggio di acciaio inossidabile dove viene agitata meccanicamente e dove viene a contatto con un ugual volume di soluzione di carbonato

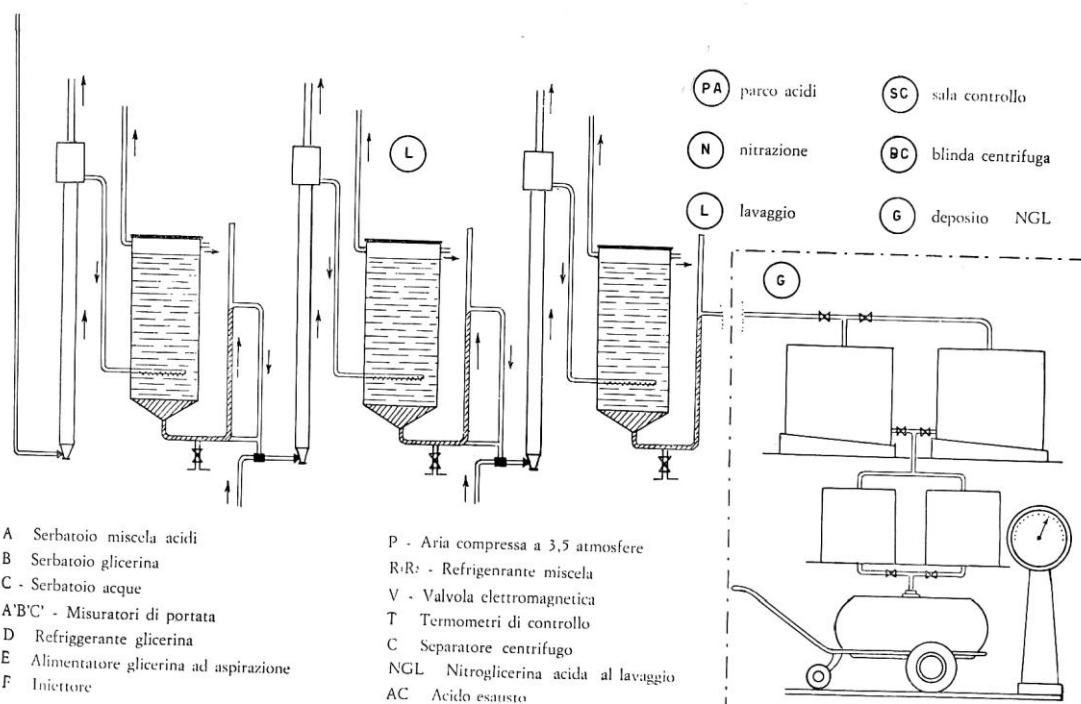
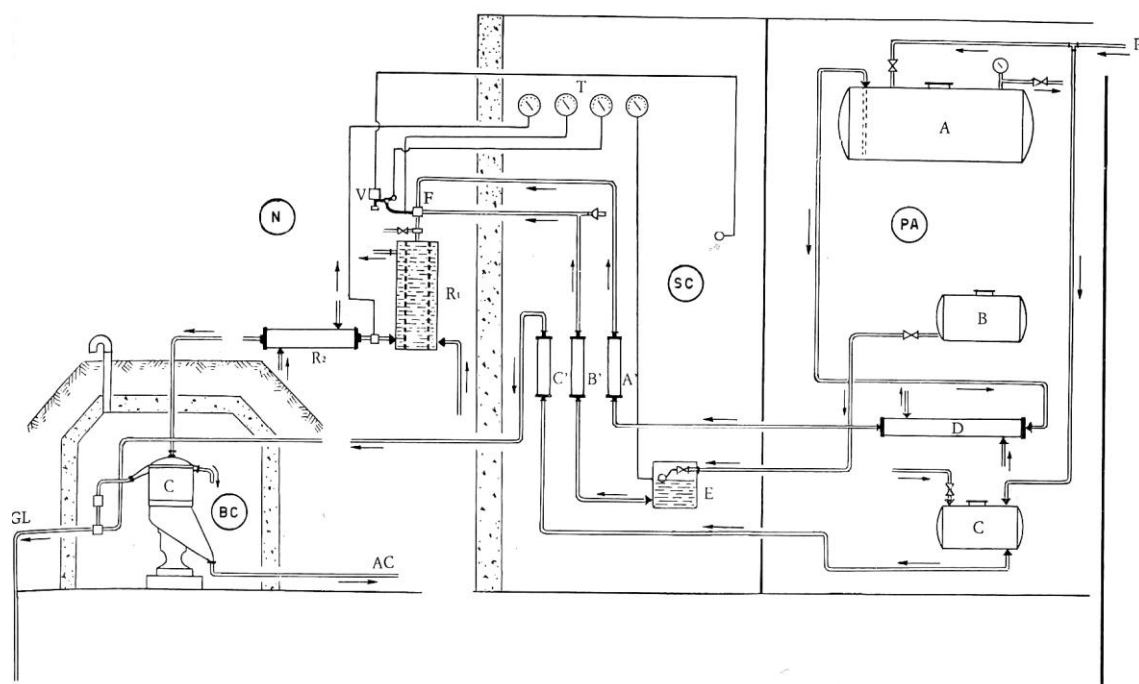



FIG. 34 - Processo Gyttorp per la fabbricazione della nitroglicerina

sodico al 2-3%. Dalla prima passa poi ad una seconda e ad una terza vasca a seconda che si debbano fare esplosivi da mina o propellenti. Dopo la separazione, la nitroglicerina viene lavata con acqua pura e separata in una serie di apparecchi a cascata.

Un impianto Biazzi possiede un buon limite di sicurezza, poichè, tra l'altro è tutto automatico e segnalato mediante lampade spia. Inoltre, l'apparecchio Biazzi ha la particolarità di occupare uno spazio molto limitato; il capo apparecchio può seguire tutte le operazioni anche da lontano mediante apparecchi elettronici e televisivi o su pannelli illuminati.

Il Biazzi dà lo stesso rendimento dello Schmid ed ha il vantaggio, come già lo Schmid, di avere pochissima nitroglicerina nel reparto di nitrazione. Inoltre anche la mano d'opera si riduce ad una, due persone al massimo.

Altra cosa importante negli impianti di nitrazione della glicerina, sono i pavimenti, i quali devono essere di piombo o di qualche altro composto antiscintilla, avere le pendenze giuste per raccogliere tutte le acque di lavaggio e quindi incanalarle al pozzo delle acque acide. Naturalmente tutti i tipi di apparecchi devono avere una vasca di annegamento da potersi fare automatico e a mano.

In tutti i reparti è obbligo portare scarpe con suole di gomma.

Altro sistema interessante per la fabbricazione della nitroglicerina è il processo GYTTORP della Nitroglicerin Aktiebolaget (fig. 34). La nitrazione avviene in un iniettore, mentre la separazione, dopo nitrazione, viene eseguita a mezzo di un separatore centrifugo. Onde accelerare le reazioni, la nitrazione avviene a 45° con apparecchiature blindate e in cui la quantità di nitroglicerina è piccolissima. Onde evitare che la temperatura si innalzi eccessivamente, con la miscela nitrante si introduce anche un po' di riguadagnato. La miscela nitrata viene raffreddata molto rapidamente subito dopo l'uscita dall'iniettore e prima di giungere al separatore centrifugo. Tutte queste operazioni sono controllate da apparecchi televisivi in modo che, nessun operaio, in caso di incidente, possa soffrirne. Inoltre la quantità di nitroglicerina nel locale è irrisoria.

Da quanto risulta però le esplosioni avvenute negli apparecchi di nitrazione della glicerina sono molto poche, l'interessante è il fare molta attenzione, e prima di cominciare la nitrazione, controllare bene ogni cosa.

Pozzo acque acide - Tutte le acque di lavaggio provenienti da un impianto di nitrazione di glicerina, è bene siano convogliate in un'apposita tubazione nella quale sia facile controllare il liquido che in essa scorre. Tale tubazione scoperta che può essere di gres o meglio di plastica, porterà le acque almeno una trentina di metri lontano dai locali di lavorazione, in un apposito pozzo sperdente coperto da un tetto, nel quale ogni poco è bene gettare un po' di soda e un po' di rottami di gres o mattoni, onde impedire che si sprofondi troppo per l'acidità dell'acqua. E' bene che le acque, prima di gettarsi nel pozzo, passino attraverso dei labirinti nei quali eventualmente si depositerà la nitroglicerina che verrà poi raccolta dagli stessi uomini dell'apparecchio.

Sia la tubazione che il pozzo, è bene siano spesso controllati onde non avvengano scoppi, come già accaduto, causati generalmente dalla decomposizione della nitroglicerina in essi contenuta.

Luminosità dei locali e protezioni alle finestre - I locali dei reparti di lavorazione è bene siano molto luminosi, ma situati in modo che il sole non possa colpire

recipienti contenenti nitroglicerina o esplosivi con essa fabbricati. E' bene che tutte le finestre abbiano vetri di plastica trasparenti e non di vetro poichè eventuali difetti del vetro potrebbero col sole far da lente.

DISTRUZIONE DELLA NITROGLICERINA E DEGLI ESPLOSIVI CON ESSA FABBRICATI

Qualche volta potrebbe capitare di dover distruggere piccole o grandi quantità di nitroglicerina o di esplosivo con essa fabbricato.

Per la nitroglicerina, il sistema più spiccio è quello, come già accennato, di favorire la sua decomposizione con potassa caustica alcoolica, che, essendo un etere, separa la glicerina. Invece della soda caustica si possono usare delle soluzioni acquose di soda Solvay, la quale però ha un effetto molto più blando e quindi meno sicuro. Il lavaggio dei tavoli, pavimenti, ecc. dove si fosse versata nitroglicerina, deve essere sempre fatto con soda caustica. In seguito vedremo quale reazione avviene operando con tale solvente.

Come abbiamo precedentemente visto, nell'acido riguadagnato rimane sempre dal 2 al 5% di nitroglicerina, la quale occorre che sia distrutta prima che l'acido arrivi alla denitrante o al pozzo sperdente. Un sistema è quello di operare la così detta « bruciatura » consistente nell'aggiungere al riguadagnato una piccola percentuale d'acqua (circa il 2%); tale lavoro va fatto però con molta attenzione e da persone pratiche poichè diversamente si corre il rischio di fare incendiare tutta la miscela. Con gli apparecchi moderni tale operazione viene fatta automaticamente.

Gli esplosivi alla nitroglicerina si distruggono in modo molto semplice e cioè prendendo le cartucce e mettendole in fila a contatto, dando loro fuoco mediante balistite o nitrocellulosa in lasagne o spaghetti onde l'operatore abbia il tempo di allontanarsi. Occorre tener presente che l'esplosivo non va mai ammucchiato, poichè in tal modo scoppia. Altro sistema è quello di innescarlo con un detonatore e relativa miccia. La nitroglicerina che eventualmente fosse rimasta in tubazioni si può distruggere, qualora la nitroglicerina non sia mescolata ad acqua, facendo passare nelle medesime, acido solforico concentrato.

Decomposizione della nitroglicerina col calore. Preciso subito che non tutti gli autori sono d'accordo circa la sua temperatura di detonazione; infatti Nobel parla di 180°, Abel di oltre 193°, Champion addirittura di 256°, Snelling e Storm di 218°. Molto probabilmente queste diverse temperature registrate da tali autori, sono state prese in condizioni ambientali e mezzi diversi. Ciò succede per molti altri dati concernenti gli esplosivi e così pure per molte altre caratteristiche come si potrà in seguito vedere. Ciò però che è importante sapere è che la nitroglicerina in ambiente acido o fortemente alcalino, tende a decomporsi e che la temperatura ha su di essa un'influenza grandissima. Infatti, secondo le ultime ricerche di Roberston del 1948, la decomposizione della nitroglicerina comincia a 50 - 60° aumentando con l'aumentare della temperatura; a circa 145° ribolle e a circa 200° esplode.

Altra cosa dannosissima alla nitroglicerina sono i raggi ultravioletti che la fanno decomporre in brevissimo tempo.

FABBRICAZIONE NITROGLICERINA

CONSUMI

Acidi per glicerina, gliceringlicol, glicol per nitrazione continua.

La miscela solfonitrica è così composta:

Ac. solforico . . .	49% + 0,5
Ac. nitrico	51 + 0,5
Ac. nitroso	0,1
Acqua	assente
Densità a temperatura ambiente	= 1.755
Densità a 15°	= 1,764

Il rapporto di nitrazione è di 1 a 4,8 e cioè circa una parte di glicerina e 4,8 di miscela solfonitrica in peso.

Dalla nitrazione di 1 Q. di glicerina nelle proporzioni suddette otterremo Kg. 232 ÷ 233 di nitroglicerina.

Dopo la nitrazione avremo un ac. riguadagnato della seguente composizione:

Ac. solforico	= 70,30%
Ac. nitrico	= 9,25
Acqua	= 19,59
Prodotti nitrati da 1 al 0,5%	
Densità a temperatura di 15° C =	1,703

La quantità di ac. riguadagnato che si ha dalla nitrazione di Kg. 100 di glicerina è di Kg. 360 - 362.

Per ogni 100 Kg. di nitroglicerina si hanno circa Kg. 155,200 di riguadagnato.

Tali dati corrispondono non ai teorici ma ai pratici.

Teoricamente da 100 Kg. di glicerina si dovrebbero ottenere Kg. 246,74 Kg. di nitroglicerina con un consumo di Kg. 205,4 di HNO_3.

In pratica oggi per nitrare Kg. 100 di glicerina occorrono Kg. 510 di miscela ottenendo circa Kg. 230 di nitroglicerina.

PROPRIETA' FISICHE E CHIMICHE DELLA NITROGLICERINA

La nitroglicerina è un liquido oleoso, gialliccio, con un odore caratteristico specialmente se è riscaldata oltre i 40°. E' dolciastra e velenosa. Basta toccare la nitroglicerina con le mani o stare anche per pochi momenti in un ambiente in cui vi sia nitroglicerina, per essere colpiti da un forte mal di capo o, ma più raramente, da conati di vomito. Però coloro che la manipolano, dopo tre-quattro giorni vi si abituano e non soffrono più alcun disturbo. Il miglior antidoto è il caffè e lo star coricati al fresco e allo scuro.

La nitroglicerina è pochissimo solubile in acqua (circa $\frac{1}{800}$), è più solubile in alcool, etere, fenolo, toluene, benzina, acetone, nitrobenzene, dinitrotoluolo e acido solforico concentrato; quest'ultima reazione però è accompagnata da una scissione con separazione di acido nitrico alla

temperatura ordinaria e di vapori nitrosi a temperatura elevata, *per cui per lavare una tubazione in cui si suppone esservi nitroglicerina, come detto prima, si può adoperare oltre alla soda caustica, anche acido solforico concentrato a 50-55° Bé.*

Secondo Hay la nitroglicerina è solubile anche nei seguenti solventi e nel seguente rapporto per grammo di nitroglicerina: alcool amilico: cc. 18; alcool etilico assoluto: cc. 4; benzene: cc. 1; solfuro di carbonio: cc. 120.

La sua tensione di vapore è:

A gradi centigradi	15°	25°	35°	45°	55°
Tensione di vapore mm. Hg.	0,0013	0,00177	0,00439	0,01294	0,0358

Interessante è il comportamento della nitroglicerina verso la nitrocellulosa: non tutte le cellulose vengono sciolte dalla nitroglicerina. L'azione solvente si manifesta soltanto nella varietà denominata *cotone collodio,* mentre il cotone fulminante non si scioglie. Col cotone collodio gelatinizza formando la così detta Gomma di un bel colore ambrato che è l'esplosivo da mina più potente finora conosciuto e di cui parleremo in seguito.

La densità della nitroglicerina pura è di 1,599 a 15°.

Tutti gli esplosivi a base di nitroglicerina hanno l'inconveniente di decomporsi a poco a poco; ciò sembra prodotto da inevitabili tracce di impurezze che non è possibile togliere completamente: impurezze che, specie in condizioni favorevoli di temperatura e umidità, iniziano la decomposizione degli eteri, i quali, subendo una denitrazione, emettono prodotti gassosi. Questi prodotti specialmente nitrosi, accelerando la decomposizione, possono portare alla decomposizione istantanea dell'esplosivo.

Gli inconvenienti sopra citati circa la decomposizione, si possono verificare nella stessa nitroglicerina, la quale, allo stato puro, si può conservare a lungo inalterata, mentre quando è impura per acidi o per alcali, questi promuovono l'idrolisi dei legami esterii di qualche molecola di nitroglicerina; gli acidi e gli ossidi di azoto che così si formano, esercitano un'azione ossidante e, al tempo stesso, catalizzano l'ulteriore idrolisi. Quindi si ha un'accelerazione della decomposizione, finchè ad un dato momento, il calore svolto nelle ossidazioni, farà giungere in qualche punto la temperatura di accensione a 215°, e tutta la nitroglicerina esplode. Da questo si deduce quanta importanza si debba dare alle operazioni di lavaggio e stabilizzazione; la nitroglicerina può sopportare per lungo tempo una temperatura di 70° evaporando poco a poco. A 105° sviluppa vapori rutilanti e comincia a decomporsi lentamente. A 217° esplode. A 8° congela, e non si disgela che a 11°. Il suo contenuto in azoto è di 18,3-18,7%; se purissima 18,5%.

La nitroglicerina esiste in due forme di cui una stabile con p.f. 13,5° e l'altra instabile p.f. 2,8°.

La proprietà del suo congelamento secondo Gody, non sarebbe

dovuta che ad uno stato particolare di idratazione e la nitroglicerina chimicamente pura e anidra congelerebbe anche a — 18°. Infatti se noi riscaldiamo, per un pò di tempo, la nitroglicerina a 100°, possiamo constatare che poi gela meno facilmente per la disidratazione che subisce durante il riscaldamento.

La nitroglicerina gelata è sensibilissima agli urti data la sua trasformazione in tanti piccoli aghi prismatici che, urtandosi tra loro, possono esplodere. Il decongelamento della nitroglicerina, come già accennato, si può fare con acqua calda a 40-45°.

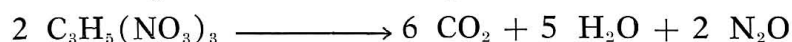
Può esplodere per qualsiasi urto, meno facilmente col piombo, rame e legno; ad ogni modo è un esplosivo da trattarsi con ogni precauzione. La sensibilità aumenta con l'elevarsi della temperatura; perfettamente pura dovrebbe conservarsi indefinitivamente; siccome però industrialmente non è possibile raggiungere una purezza assoluta del prodotto, bisogna ritenere che la nitroglicerina vada lentamente decomponendosi.

Sobrero prendendo due volumi di acido solforico a 66° Bé, un volume di ac. nitrico a 50° Bé e versandovi sopra, sempre raffreddando, 1/6 circa del suo volume di glicerina sciroppata, ottenne della nitroglicerina, naturalmente dopo abbondanti lavaggi, purissima, tanto che un campione di 20 gr. da lui preparato, si conserva ancora in ottimo stato a Torino come recentemente ebbe a dire ad una riunione di esplosivisti il prof. L. Avogadro di Cerrione.

Si è constatato che la luce molto forte altera la nitroglicerina anche se ben purificata, rendendola acida. Si riconosce facilmente la sua alterazione da una colorazione verdastra che assume, attribuita alla formazione di un pò di acido nitroso. In questo caso, conviene distruggerla onde evitare la decomposizione. La nitroglicerina quindi deve essere pura e stabile. Se si tratta di fabbricare esplosivi da mina è sufficiente assicurarsi, come già detto, che dopo un ultimo lavaggio, sia stabile e neutra al tornasole. La stabilità Abel non deve mai essere inferiore a 18-20'.

Per il comportamento chimico della nitroglicerina bisogna tenere presente la natura di etere nitrico del composto. Come abbiamo detto sopra, a temperature di poco superiori a 100° si decompone facilmente con sviluppo di ossidi di azoto. Secondo Roberston, tale decomposizione ha luogo nel seguente modo:

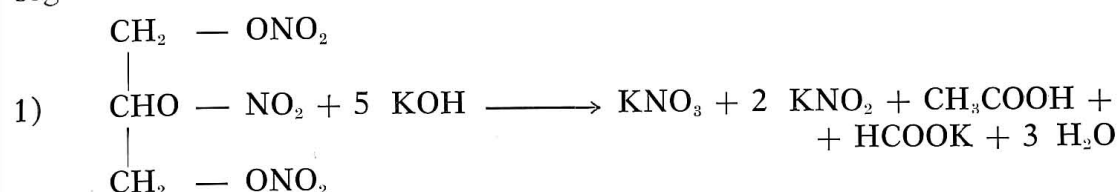
1) la decomposizione della nitroglicerina procede in modo uniforme quando vengono eliminati i prodotti volatili della decomposizione;
2) l'azoto si svolge sotto forma di perossido, ed ecco l'equazione di decomposizione esplosiva della nitroglicerina:

$$2\ C_3H_5(NO_3)_3 \longrightarrow 6\ CO_2 + 5\ H_2O + 2\ N_2O$$

dalla quale si deduce che la nitroglicerina, nella sua molecola, contiene una quantità di ossigeno più che sufficiente per ossidare, in modo

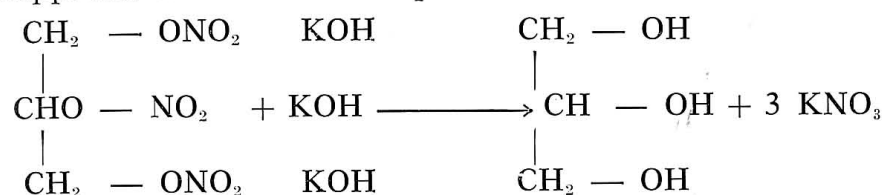
completo, il carbonio e l'idrogeno in essa contenuti; nella decomposizione a temperatura relativamente bassa, si formerà per questo eccesso di ossigeno, il perossido di azoto.

Circa la decomposizione della nitroglicerina, faccio notare che secondo J. Urbanski, W. Malendowicze e K. Dyhowiez la nitroglicerina si decompone sotto l'azione dei *raggi ultravioletti* e continua la sua decomposizione anche allontanando la sorgente di luce. Occorre quindi, come detto nel capitolo precedente, che i raggi del sole non la colpiscano.

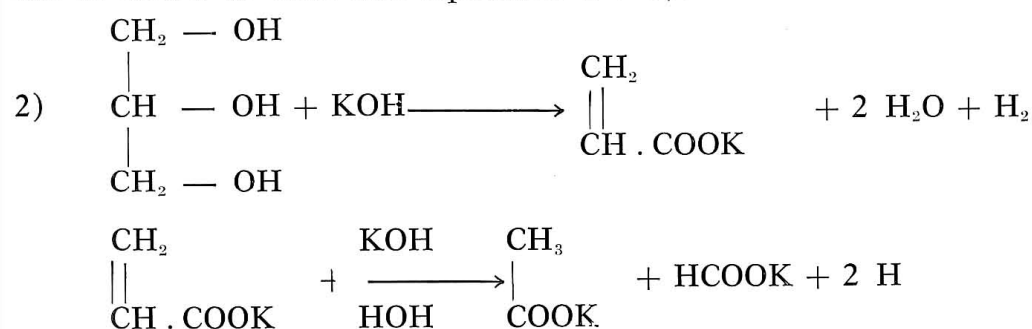
La saponificazione della nitroglicerina in ambiente alcalino è un'operazione abbastanza complicata. Secondo Haj, essa si compie nel modo seguente:

$$
1) \quad \begin{array}{l} CH_2 - ONO_2 \\ | \\ CHO - NO_2 \\ | \\ CH_2 - ONO_2 \end{array} + 5\ KOH \longrightarrow KNO_3 + 2\ KNO_2 + CH_3COOH + HCOOK + 3\ H_2O
$$

Per i prodotti della reazione si trovano sempre composti diversi, come resina di aldeide, acido ossalico e ammoniaca. La reazione si può interpretare ammettendo la formazione dei prodotti non saturi,

Dapprima la reazione di saponificazione avviene in modo normale:

$$
\begin{array}{l} CH_2 - ONO_2 \\ | \\ CHO - NO_2 \\ | \\ CH_2 - ONO_2 \end{array} \begin{array}{l} KOH \\ \\ + KOH \\ \\ KOH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2 - OH \\ | \\ CH - OH \\ | \\ CH_2 - OH \end{array} + 3\ KNO_3
$$

in seguito la glicerina viene decomposta dagli alcali. Come si potrà vedere dalle formule qui sotto scritte, nella reazione di saponificazione della nitroglicerina in ambiente alcalino, si ha la formazione di nitrato e nitrito non a causa di una saponificazione anormale dell'etere nitrico, bensì per una riduzione ulteriore di nitrato che utilizza tutto l'idrogeno che si libera in base alle equazioni 2 e 3).

$$
2) \quad \begin{array}{l} CH_2 - OH \\ | \\ CH - OH \\ | \\ CH_2 - OH \end{array} + KOH \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2 \\ || \\ CH . COOK \end{array} + 2\ H_2O + H_2
$$

$$
\begin{array}{l} CH_2 \\ || \\ CH . COOK \end{array} + \begin{array}{c} KOH \\ \longrightarrow \\ HOH \end{array} \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ COOK \end{array} + HCOOK + 2\ H
$$

Reazioni caratteristiche - Secondo Weber, piccole quantità di nitroglicerina si scoprono con anilina e ac. solforico concentrato. Si ha così

una colorazione rosso porpora che diventa verde con aggiunta di acqua.

Con nitrato d'argento dà un precipitato di AgO.

Con cloruro stannoso dà un precipitato di perossido di stagno formando uno specchio alla superficie.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA NITROGLICERINA

Densità massima	1,60
Temperatura di esplosione	160-220°
Temperatura della fiamma di esplosione	4200°
Calore di esplosione in calorie	1580
Pressione specifica	10200
Volume dei gas in litri	715
Cavità al blocco di piombo cc	550
Sensibilità alla berta in cm. per peso di 2 Kg.	4
Velocità di detonazione m/s	7500
Calore specifico Ngl. liquida	0,356 Kal.
Calore specifico Ngl. solida	0,315 Kal.

ANALISI DA ESEGUIRSI SULLA NITROGLICERINA - I saggi più importanti da eseguirsi sulla nitroglicerina prima dell'uso sono i seguenti:

Stabilità saggio Abel - Si eseguisce alla temperatura di 80° con gr. 2-3 di nitroglicerina dapprima *filtrata su cotone idrofilo e cloruro di sodio calcinato.* In seguito si procede come per la stabilità degli esplosivi da mina. E' bene che la stabilità non sia inferiore a 14'.

Alcalinità - Si prelevano 10 cc. di nitroglicerina, si mettono in un palloncino da 100 cc. Si portano a volume con acqua bidistillata, si sbattono per 5' e si lascia in riposo un'ora.

Indi si titola l'acqua bidistillata (50 cc.) con H_2SO_4 N/100 (indicatore metilarancio) di cui ne occorrono, per es. 1,6 cc. Si prelevano 50 cc. di acqua dal palloncino contenente la nitroglicerina e si titola con H_2SO_4 N/100 (indicatore metilarancio). si fa la differenza fra i cc. di acido occorsi per titolare l'acqua bidistillata (1,6 cc.) e i cc. di acido occorsi per titolare l'aqua del palloncino (1,3). Il risultato si moltiplica per 0,0004. Indi si fa la proporzione tenendo presente che 10 cc. di nitroglicerina pesano gr. 7,5.
Es.

$$1{,}6 - 1{,}3 = 0{,}3$$
$$0{,}3 \times 0{,}0004 = 0{,}00012$$
$$7{,}5 : 0{,}00012 = 100 : x$$
$$x = 0{,}0016$$

Acidità - Si opera come per l'alcalinità titolando la soluzione con NaOH N/100 in presenza di arancio di metile.

Umidità - Si fa pesando esattamente una piccola quantità di nitroglicerina in una capsula tarata, seccandola sotto vuoto in essiccatore a $CaCl_2$ fino a peso costante.

Titolo in Azoto - Si adopera il nitrometro di Lunge che tra poco descriveremo, dopo aver fatto sciogliere la nitroglicerina nell'acido solforico al

100/100 nell'imbutino situato sopra il palloncino. E' un saggio che non si fa mai anche perchè è un po' pericoloso a causa dell'attrito che può fare il rubinetto del nitrometro contro il vetro, il quale naturalmente rimane sporco di nitroglicerina.

ANALISI DEI COMPONENTI LA NITROGLICERINA

L'analisi dei componenti la nitroglicerina è una cosa importante poichè, data la pericolosità della sua fabbricazione e del prodotto in sè, è assolutamente indispensabile controllare prima la purezza di ogni componente. Descriverò quindi, in breve, le analisi che è necessario eseguire prima di cominciare la fabbricazone.

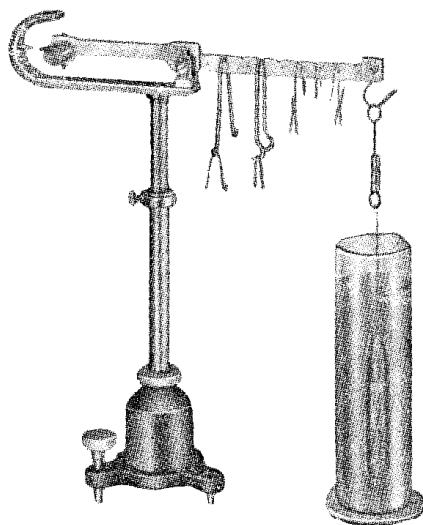



FIG. 35

Bilancia di Westphal.

LA GLICERINA da nitrarsi deve aver un grado di purezza elevato che si raggiunge solo con la distillazione; è colorata in giallastro più o meno intenso. Per ottenere glicerina incolora si procede ad un trattamento con masse decoloranti. Una volta si usava il carbone animale, ora si adopera di preferenza il carbone attivo. La operazione si compie in apparecchi di ferro e non di rame. La glicerina viene separata dalla massa decolorante per mezzo di filtri pressa.

La glicerina per dinamiti deve essere limpida ed avere un colore chiaro o lievemente giallo e rispondere alle seguenti qualità:

Densità - Non deve essere inferiore a 1,262 a 15^0 e si determina con la bilancia di Westphal (fig. 35).

Odore - Non deve diventare sgradevole neppure se scaldata a 100^0 (sviluppo di vapori di acroleina).

Solubilità in acqua - Deve essere completa.

Limpidezza - Guardando la glicerina per trasparenza attraverso uno spessore di almeno 5 cm. deve apparire limpida.

Reazione - Diluita con egual volume di acqua distillata deve essere neutra al tornasole.

Umidità - Si determina ponendo la glicerina su acido solforico. In un pesafiltro tarato contenente qualche grammo di fibra di amianto puro e secco, si pesano gr. 1,5 di glicerina distribuendola uniformemente su tutta la superficie. Si mette il pesafiltro ripesato in un essiccatoio contenente acido solforico concentrato e si fa il vuoto fino a ridurre la pressione a qualche mm. soltanto. Si pesa dopo 38 ore e poi ogni 12 ore fino a peso costante. Si trova così l'umidità. La somma del glicerolo più l'umidità, deve dare almeno il 99%.

Ceneri - Al massimo possono raggiungere lo 0,005%. Si determinano bruciando a lenta fiamma in crogiolo tarato 50 gr. di glicerina.

Cloruri - Si ricercano qualitativamente con la soluzione di $AgNO_3$ diluendo la glicerina con acqua: al massimo si tollera una leggera opalescenza.

Equivalente di saponificazione - L'equivalente di saponificazione espresso in NaOH non deve superare lo 0,10%.

In una bevuta della capacità di circa 500 cc. si pesano gr. 100 di glicerina,

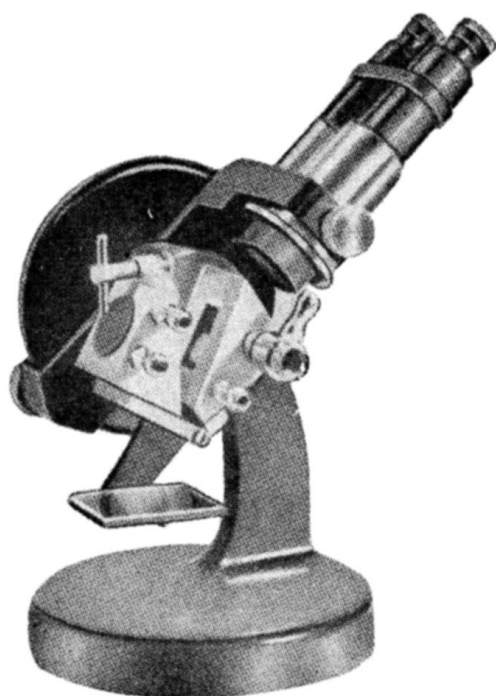



FIG. 36

Rifrattometro di Abbe.

si diluiscono con gr. 250 di acqua distillata e bollita, si agita, si aggiungono alcune gocce di fenolftaleina e 10 cc. di soluzione di NaOH normale. Si chiude la bevuta con tappo di sughero attraversato da una canna di vetro che funge da refrigerante parziale e si pone 3/4 d'ora sopra un bagnomaria agitando di tanto in tanto.

Trascorso questo tempo si raffredda e si titola l'eccesso di NaOH con soluzione normale di HCl.

Si esprime l'equivalente di saponificazione in mmgr. di NaOH per 100 gr. di glicerina.

Purezza - Vi sono due sistemi: quello dell'acetilazione e quello del rifrattometro di Abbe, col quale si legge, tenendo conto della temperatura mediante apposita tabella direttamente il contenuto di glicerolo (fig. 36).

ACIDI PER LA NITRAZIONE DELLA GLICERINA COSA SI INTENDE PER NITRAZIONE E MISCUGLIO NITRICO SOLFORICO

Prima di intraprendere lo studio dei componenti nitrici, ritengo opportuno parlare, anche brevemente, della nitrazione.

Con questo nome si comprende la sostituzione di un atomo di idrogeno di un composto organico col gruppo NO_2, prodotto per mezzo dell'HNO_3 o di altri mezzi nitranti, come il miscuglio nitrico-solforico, l'ipoazotite in presenza di H_2SO_4, nitrati alcoolici, ecc. In alcuni casi agisce, come nitrato, l'acido nitroso.

La reazione di nitrazione avviene con l'acido nitrico secondo il seguente schema:

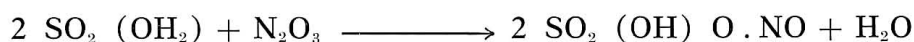
$$R — H + H_2O + NO_2 \longrightarrow R — NO_2 + H_2O$$

Poichè la reazione di nitrazione è accompagnata dall'eliminazione di acqua, essa viene favorita, nella maggior parte dei casi, dalla presenza, insieme con HNO_3, di mezzi disidratanti. Nella pratica comune si adopera il miscuglio nitrico-solforico a concentrazione differente.

Miscuglio nitrico-solforico - Nell'industria degli esplosivi, raramente si adopera l'acido nitrico da solo, a causa specialmente della sua facile decomposizione con sviluppo di vapori nitrosi, che nuocciono sempre alla stabilità dei prodotti di reazione.

In qualche caso, come per esempio nella nitrazione della esametilentetrammina o T_4, come vedremo, è necessario escludere la presenza dell'acido solforico.

Usualmente quindi si adopera il miscuglio nitrico-solforico. L'acido solforico non agisce soltanto da disidratante, ma esercita un complesso di funzioni alle quali accennerò brevemente, e cioè l'acido nitroso viene fissato dall'acido solforico con formazione di acido nitrosilsolforico:

$$2\ SO_2\ (OH_2) + N_2O_3 \longrightarrow 2\ SO_2\ (OH)\ O\,.\,NO + H_2O$$

che alla temperatura ordinaria, è relativamente stabile e, nel caso della nitrazione della glicerina a 25°, non reagisce come l'acido nitroso libero e quindi non dà origine a nitriti e a prodotti di ossidazione pericolosi.

Altra funzione importante dell'acido solforico, è quella di impedire la decomposizione dell'acido nitrico, essendo questo instabile verso gli 80°. Inoltre, poichè durante la nitrazione si libera sempre acqua che diluisce l'acido nitrico, in assenza di acido solforico, si avrebbero reazioni di ossidazione, perchè l'acido nitrico diluito esercita un'azione ossidante verso le sostanze organiche. Il miscuglio nitrico solforico anidro che nella pratica si ottiene aggiungendo ac. solforico e oleum all'acido nitrico fumante (80-92%), è quindi un liquido che contiene tre componenti: acido nitrico, acido solforico, acido nitroso (ac. nitrosilsolforico a bassa temperatura). Il miscuglio acquoso contiene natu-

ralmente l'acqua come quarto componente. Della composizione è necessario (miscuglio nitrosilsolforico) tener conto, caso per caso, delle diverse reazioni di nitrazione.

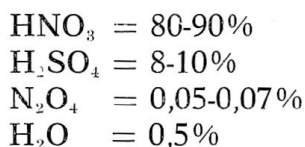
Riguardo alle impurezze che possono accompagnare gli acidi tecnici per gli esplosivi, si deve tener presente che occorre impiegare acidi di notevole purezza, perchè ciò porta una semplificazione ed una maggior sicurezza di lavorazione. *Nell'industria il miscuglio nitrico-solforico si prepara in grandi recipienti cilindrici di lamiera o di acciaio resistenti agli acidi, muniti di camicia per il raffreddamento e di agitatore centrale. Dapprima si versa l'acido nitroso, indi lentamente e agitando, l'acido solforico e l'oleum.*

Il miscuglio acido per nitroglicerina che a noi interessa maggiormente, si prepara in recipienti foderati di piombo.

Però prima dell'uso, il miscuglio deve essere analizzato nei modi che in seguito diremo.

MISCUGLIO VERGINE PER NITRAZIONE

Per ottenere il miscuglio vergine per nitrazione occorre miscela nitrosolforica e oleum. Ambedue questi prodotti giungono in cisterne che, vengono analizzate nel modo qui sotto esposto. La miscela nitrico-solforica deve avere queste caratteristiche:

HNO_3 = 80-90%
H_2SO_4 = 8-10%
N_2O_4 = 0,05-0,07%
H_2O = 0,5%

L'oleum dovrà avere un titolo da un minimo di 101% ad un massimo di 104-105%.

ANALISI DELLA MISCELA NITRICO-SOLFORICA

Metodo del nitrometro - Il nitrometro di Lunge (fig. 37) consta di due tubi di vetro A e B, il primo graduato, e uniti mediante un tubo di gomma. Nel tubo B si versa il mercurio, poi si apre il rubinetto **r** e, alzando B si riempie il tubo A col Mercurio (avendo però cura che non rimangano bolle d'aria lungo le pareti del tubo) sin al rubinetto che allora si chiude.

Preparato in tal modo il nitrometro, si procede come segue: si versa la quantità di acido voluta a seconda della quantità di acido da analizzare nell'imbutino *i* soprastante il rubinetto *r* e si aggiungono a poco a poco circa 20-25 cc. di H_2SO_4 lavando bene le pareti dell'imbutino e quindi si abbassa convenientemente il tubo B. Si apre il rubinetto *r* in modo che la soluzione scenda in A senza però che vi penetri aria. Fatto ciò si scuote per 5' il tubo energicamente onde far avvenire la reazione fra l'acido, l'H_2SO_4 e il mercurio per cui tutto l'azoto dell'acido nitrico si trasforma in gas NO.

Si rimette a posto quindi i tubo A e si lascia a sè per 2', dopo di che si

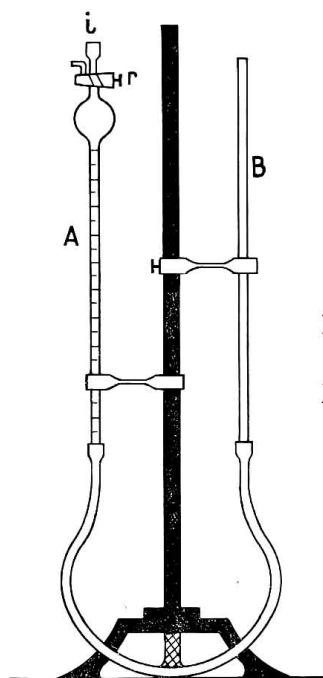



FIG. 37

Nitrometro di Lunge.

agita per altri 2'. Rimesso il tubo sul sostegno, si aspetta qualche tempo per permettere al mercurio di riunirsi e, al solfato basico di mercurio formatosi di aderire bene al vetro.

Si abbassa allora lentamente il tubo aperto fino quasi al piede del sostegno, e si innalza il tubo chiuso fino a portare il mercurio in esso contenuto ad un livello un po' superiore a quello che ha nel tubo aperto. Si versano nell'imbutino dell'apparechio 2 cc. di H_2SO_4 e si abbassa lentamente il tubo chiuso sino ad ottenere l'equilibrio di pressione fra il gas interno e l'atmosfera; a ciò si giunge quando, nei canali del rubinetto, una goccia di H_2SO_4 resta immobile a rubinetto aperto. Tale risultato si ottiene più facilmente muovendo con attenzione avanti e indietro il rubinetto *r*.

Si fissa il ramo chiuso del nitrometro con la pinza, si aspetta qualche tempo perchè l'apparecchio assuma la temperatura ambiente: si apre cautamente il rubinetto e si innalza e si abbassa il ramo chiuso per rendere immobile la goccia di acido verso la metà del canale del rubinetto. Si legge il volume del gas a rubinetto aperto, la temperatura e la pressione. Si applica quindi la seguente formula e si ottiene così il % di acido nitrico:

$$\frac{\log. V + \log. h + 35261}{\log. P + \log. T} \times 65307$$

in cui
V = volume
h = pressione barometrica (occorre un barometro Fortin assolutamente preciso) (fig. 38).
P = peso dell'acido messo nel nitrometro
T = temperatura ambiente + temperatura assoluta
35261 }
65307 } numeri fissi

Dosaggio acido nitrico - In una pesa-acidi (vedi fig. 39) bene essiccato in stufa si pesano gr. 0,33 (2 gocce circa) di miscela che si lasciano cadere nel

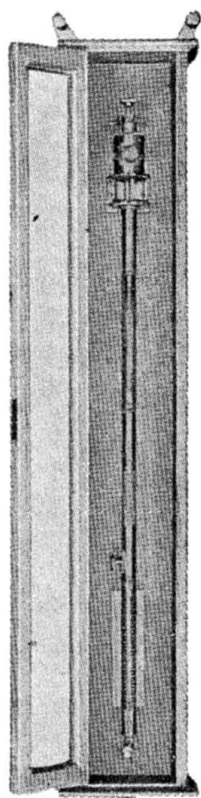



FIG. 38 - Barometro di Fortin.

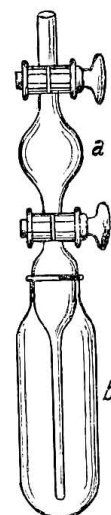



FIG. 39 - Pesaacidi.

bicchierino del nitrometro, col quale si fa il dosaggio nel momento suddetto. Le due pesate e l'introduzione dell'acido nell'interno del nitrometro vanno fatte con la massima sollecitudine per evitare la perdita di vapori acidi.

Questo dosaggio richiede la massima delicatezza e precisione, ed è bene ripeterlo almeno due volte.

Dosaggio acido solforico - Si pesa usufruendo dello stesso pesa-acidi adoperato nel dosaggio dell'acido nitrico. Gr. 0,3 di H_2SO_4 si lasciano cadere in un beker contenente qualche goccia di acqua distillata. Si titola con NaOH N/2 in presenza di arancio di metile.

Densità - Si determina con un densimetro al 15°.

Osservazioni - Ho potuto constatare che i migliori rendimenti per il Nathan, si hanno con miscuglio avente il 47,20-47,50% di HNO_3 e il 53-54% di H_2SO_4.

Il calcolo da eseguirsi per avere il rapporto fra i Kg. di glicerina e i Kg. di miscuglio da aggiungere per la nitrazione è il seguente:

$$\frac{\textit{Peso glicerina} \times \textit{rapporto di nitrazione}}{\textit{titolo miscuglio in acido nitrico}}$$

Come rapporto di nitrazione si prende 2,35.

ANALISI DELL'ACIDO RIGUADAGNATO

Dosaggio acido nitrico - Nel prelevare il campione da analizzare bisogna aver l'avvertenza di non agitare l'acido per non portare in soluzione l'eventuale nitroglicerina separatasi alla superficie. In un pesa acidi ben essiccato, si pesa una data quantità di acido. Se ne lasciano cadere gr. 2,9-3,5 (60 gocce circa), nel bicchierino del nitrometro di Lunge. L'acido riguadagnato, come già visto in precedenza, dovrebbe avere la seguente composizione:

HNO_3 = 8-10%
H_2SO_4 = 70-72%
H_2O = 18-20%
Ngl = 2-3%

Ora cercherò di spiegare, anche con un esempio, come si fa l'analisi e il calcolo.

Occorre tener presente che, oltre all'acido, si dosa una certa quantità di nitroglicerina che trovasi disciolta nell'acido. La quantità dell'acido da versare nel nitrometro varia col variare della temperatura ambiente. La temperatura è inversamente proporzionale alla quantità di acido. Nell'analisi da me eseguita ho trovato 9,46 di ac. nitrico e cioè 2,10 di Azoto.

Acidità totale - Usufruendo dello stesso pesaacidi, si pesano gr. 0,5 di acido che si lasciano cadere in un beker contenente qualche cc. di acqua. Si titola poi con NaOH N/10 in presenza di metilarancio. Nell'analisi ho trovato 80,25 di ac. solforico + ac. nitrico.

Acido solforico - Dal pesa acidi si lasciano cadere in vetrino da orologio con qualche goccia di H_2O, gr. 0,5 di acido. Si pone a bagnomaria e vi si lascia 2 o 3 ore fino a completa eliminazione dell'acido nitrico. Si titola con NaOH N/10 in presenza di metilarancio. Nell'analisi ho trovato 75,22.

Nitroglicerina - Per calcolare la nitroglicerina contenuta nel riguadagnato si procede come sempre:

Acidità totale trovata precedentemente	80,25 —
Acido solforico trovato precedentemente	75,22
	5,03 HNO_3

49 : 63 = 5,3 : X
p.m. 1/2 H_2SO_4 p.m. HNO_3
X = 6,46% acido nitrico vero.

63 : 14 = 6,46 : X
p.m. HNO_3 p.m. azoto
X = 1,43% di azoto contenuto in 6,46 di HNO_3 vero.

Azoto contenuto nell'ac. nitrico al nitrometro	2,10
Azoto contenuto in 6,46 di ac. nitrico vero col nitrometro	1,43
Azoto contenuto nella nitroglicerina dosata col nitrometro	0,67

Sapendo che la temperatura di decomposizione esplosiva della nitroglicerina è 185, avremo:

185 : 100 = 0,67 : X
X = 3,6% nitroglicerina contenuta nel riguadagnato.

Densità - Si determina col densimetro a 15°.

Norme indispensabili circa la manipolazione degli acidi - Prima di procedere oltre, ritengo opportuno far presente che la manipolazione

del nitrometro di Lunge è molto delicata, anche se semplice, per cui è facilissimo sbagliare. L'analista deve essere di assoluta fiducia e molto pratico. Come è facile dedurre, un errore di analisi può portare serie conseguenze non solo di rendimento, ma anche di sicurezza.

Altra particolare attenzione deve essere rivolta al parco miscugli dove sono raccolti tutti i serbatoi degli acidi e cioè miscela solfonitrica, oleum, acido nitrico. Attualmente quasi tutti gli stabilimenti ricevono la miscela già fatta, il che semplifica molto il lavoro. Come abbiamo detto, ogni serbatoio, prima di essere adoperato, deve essere analizzato. La manutenzione dei serbatoi e delle relative pompe deve essere accuratissima, e così pure quella dei rubinetti che generalmente sono di gres o di acciaio inossidabile. Ogni giorno occorre controllarli per accertarsi di eventuali perdite o di deterioramento. I rubinetti, vanno aperti evitando ogni movimento violento e sotto ognuno di essi è bene applicare una vaschetta di piombo per raccogliere le piccole perdite. Se ai serbatoi sono applicati livelli di vetro, cosa sconsigliabile, questi è bene aprirli all'atto del controllo e quindi chiuderli. Per comprendere l'importanza della manutenzione dei serbatoi, basti pensare alla rottura improvvisa di uno di essi o di un rubinetto e alle sue conseguenze (incendio, fumo irrespirabile, ecc.). A questo proposito è bene che intorno al parco miscugli venga scavato un fosso, dal quale, in caso di incidente, gli acidi non dilaghino per lo stabilimento. All'intorno è bene siano collocate bocchette antincendio. Gli operai addetti a tale reparto dovranno essere provvisti di indumenti di lana, di maschere o per lo meno di occhiali e di stivali di gomma.

DENITRAZIONE

Dopo lo spostamento della nitroglicerina, se all'acido non viene fatta la « bruciatura », questo, a mezzo di un montaliquidi, si può inviare ad un serbatoio, dal quale, dopo almeno un giorno di riposo viene mandato agli altri serbatoi situati lungo il percorso dall'apparecchio di nitrazione (dove farà almeno due giorni di sosta allo scopo di far separare più nitroglicerina (possibile) e, da qui, alla denitrazione, operazione che non tutti fanno, in quanto è costosa e non si trova sempre da collocare l'acido recuperato. Molti preferiscono, quando è possibile, adoperarlo per fare altri esplosivi (binitrotoluolo, tritolo, ecc.).

Il principio sul quale si fonda tale operazione è quello di separare da un miscuglio contenente H_2SO_4, HNO_3, HNO_2, i componenti più volatili, HNO_3 e vapori nitrosi per mezzo del riscaldamento.

Nel trattamento degli acidi di ricupero della preparazione della nitroglicerina, l'acido nitrico e i vapori si separano facendo cadere dal-

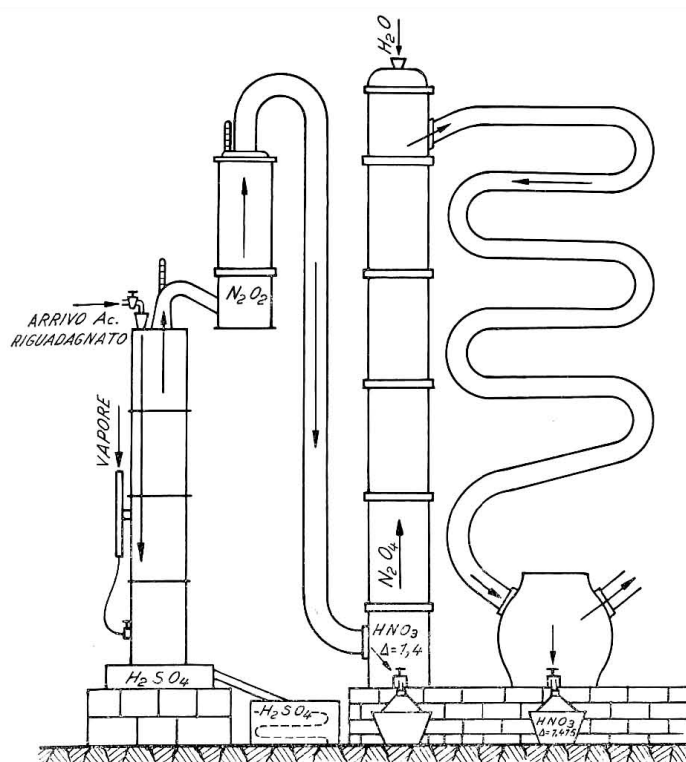



FIG. 40

Schema di una denitrante.

l'alto, il miscuglio acido esente naturalmente da nitroglicerina, in una torre di pietra Volvic o di Zanovite antiacida o di Elianite (ghisa contenente il 14-15% di silice), e iniettando dal basso della torre vapore surriscaldato (fig. 40) da solo o insieme ad aria calda, in modo da raggiungere la temperatura di distillazione dell'acido nitrico e dei vapori nitrosi (80-85°). Poichè il miscuglio nitrico solforico contiene in soluzione più o meno grandi quantità di nitrocomposti, i gas che si svolgono dall'alto della colonna di denitrazione sono formati da HNO_3, NO_2, vapore d'acqua, azoto, ossigeno, ecc.

La composizione di questi gas varia naturalmente con la composizione dell'acido di recupero.

Nel cono della prima torre si raccoglie circa il 75% di acido solforico a 52-53° Bé, e i prodotti della distillazione vengono in parte passati prima in una colonna di ossidazione in cui arriva aria per mezzo di un iniettore che fa gorgogliare l'aria anche in bombonnes; di qui, attraverso un serpentino di acciaio inossidabile, giunge a due bombonnes, e infine nelle colonne di condensazione alimentate da acqua e acido nitrico diluito, in cui è fatto il vuoto mediante un aspiratore.

In queste torri avviene la seguente reazione:

$$4\ NO_2 + O_2 + 2\ H_2O \longrightarrow 4\ HNO_3$$

CLASSIFICAZIONE, PREGI E DIFETTI DELLE DINAMITI A BASE DI NITROGLICERINA

Come ho detto nella storia degli esplosivi del presente volume, il primo tipo di dinamite fu scoperto nel 1867 da Alfredo Nobel, che utilizzò, come sostanza esplosiva, la nitroglicerina mescolata a farina fossile nella proporzione di 3 a 1. In seguito però lo stesso Nobel trovò che la nitroglicerina poteva avere un impiego più facile se mescolata con altra sostanza, non solo chimicamente più attiva della base inerte costituita dalla farina fossile, ma dotata anche di proprietà esplosive come il cotone collodio di cui parleremo.

In seguito ad altri studi, la nitroglicerina si potè mescolare con sostanze attive, e attualmente, sotto la denominazione di dinamiti, si intendono tutte quelle miscele nelle quali il componente principale è la nitroglicerina, unita a sostanze assorbenti chiamate basi, che hanno lo scopo preciso di diminuire la sensibilità.

Quando un corpo assorbente è estraneo alla reazione esplosiva, la *dinamite si dice a base inerte* (per es. dinamite Kieselgukr).

Quando il corpo assorbente prende parte alla reazione esplosiva, *la dinamite si dice a base attiva* (per es. gelatina esplosiva, GD1°, GD 2°, ecc.).

Quando il corpo assorbente partecipa alla reazione esplosiva in parte si e in parte no, *la dinamite dicesi a base mista.*

Le dinamiti più importanti sono quelle a base attiva.

In esse, come si è detto, assieme alla nitroglicerina, vengono mescolate altre sostanze capaci di prendere parte attiva alla sua reazione esplosiva e di fare elevare la potenza della miscela.

Si usa classificare le dinamiti a base attiva, basandosi sulla natura chimica della base: così per es. dinamiti a base di nitrati o di nitrocellulosa (dinamiti, gelatine).

Le varie dinamiti sono quelle a base di nitrocellulosa (cotone collodio). Nell'unione della nitroglicerina al cotone si ha, come diremo a proposito del cotone collodio, il così detto fenomeno di gelatinizzazione, per cui il cotone collodio sciogliendosi nella nitroglicerina, si trasforma in una sostanza plastica, gelatinosa, nella quale vi è intimo contatto fra le varie particelle dei componenti; perciò le nitroglicerine generalmente sono più stabili delle ordinarie dinamiti.

Non tutte le nitrogelatine contengono soltanto nitroglicerina e cotone collodio, ma anche altre sostanze, che hanno la funzione di dare consistenza alla miscela e perciò si suddividono a loro volta in *gelatine gomme* (se contengono solo nitroglicerina e cotone collodio), e in *gelatine dinamiti* (se contengono oltre la nitroglicerina e il cotone collodio, anche altre sostanze). Si hanno infine altri tipi di dinamiti, cioè quelle *incongelabili* e quelle *senza fiamma* di cui parleremo, e che servono

per le miniere di carbone fossile ove, per la presenza del grisou, la fiamma prodotta nella reazione esplosiva, costituisce un grave pericolo.

Per detto scopo, queste dinamiti, oltre la nitroglicerina, contengono delle sostanze con molta acqua di cristallizzazione. All'atto dell'esplosione l'acqua di cristallizzazione, messa in libertà, assorbe una parte di calore svolto e così, diminuendo la temperatura, la fiamma è soppressa.

Ecco come viene denominata la *Gelatina Gomma* nelle varie nazioni: in Italia *Gomma A,* in Germania *Spreng gelatine,* in Francia *Gomme A,* in Inghilterra *Blasting Gelatine,* in Svezia *Gummi Dynamit,* in Austria *Alpinit 100,* in Spagna *Goma 1.* Data l'importanza della gelatina gomma, principe degli esplosivi da mina, ritengo opportuno dedicare a questo magnifico esplosivo, oltre alla prova della stabilità descritta precedentemente, un altro po' di spazio.

GOMMA A

Questo esplosivo è più potente della nitroglicerina e di tutte le altre dinamiti fin'ora conosciute. Esso consta di 92 parti di nitroglicerina e di 8 parti di cotone collodio.

Detta miscela è ad ossidazione completa essendo state calcolate le percentuali dei due componenti in modo da sfruttare l'eccesso di ossigeno disponibile, nella decomposizione della nitroglicerina. Ecco le sue principali caratteristiche che ho calcolato in base a prove da me fatte e in base alle tabelle di Beyling-Schmidt:

Densità relativa	1,6
Trauzl cc	590
Distanza di colpo cm.	40
Berta con peso di kg. 2 cm.	12
Prova di Hess con 50 gr. di esplosivo:	
Schiacciamento cilindro superiore mm.	14
Schiacciamento cilindro inferiore mm	4,5
Larghezza fungo mm	56
Totale abbassamento cilindro mm.	18,5
Prova del Crusher a cilindro unico cm.	4,8
Velocità di detonazione m/s	7200
Temperatura della fiamma di esplosione	3520°
Calore di esplosione a volume costante	1557
Pressione specifica atm/kg.	12125
Volume gas a 20° e 760 mm.	760
Potenziale	661,9
Dirompenza secondo Kast	139,68
Bilancio O_2 in peso	0,116%
Bilancio O_2 in volume	0,11%

Proprietà - Appena fabbricata, la Gomma è quasi bianca, poi diventa di un colore giallo ambra, e col tempo assume un colore più scuro. Alla temperatura ordinaria di 15°, è plastica, gommosa, ma al di sotto di 7° congela, s'indurisce e assume un colorito più chiaro; in queste condizioni il maneggio è poco sicuro. Resiste anche per due giorni all'acqua, diventando però biancastra per perdita di nitroglicerina.

Azione agli urti - La gomma può esplodere quasi sempre quando riceve un forte urto fra due corpi metallici o fra due pietre; non esplode quando riceve un urto fra legno e legno, o fra piombo e un altro metallo. Ad ogni modo è bene evitare gli urti.

Azione del calore - La gomma può esplodere se brucia in grandi masse, in recipienti chiusi o resistenti, oppure quando è contenuta in recipienti lungamente esposti all'azione del calore solare, o infine per brusche variazioni di temperatura.

Difetti della gelatina - Tra i principali difetti vi è quello del trasudamento della nitroglicerina che accresce i pericoli del maneggio. Il trasudamento può provenire da difetto di fabbricazione, come dal gelarsi e successivo disgelarsi della gelatina. Si manifesta in goccioline oleose sulla superficie interna della carta paraffinata in cui sono avvolte le cartucce. In questo caso è bene cambiare la carta paraffinata e bruciare all'aria libera quella bagnata di nitroglicerina. Nel caso il trasudamento della nitroglicerina fosse così notevole da bagnare la superficie esterna della carta paraffinata, prima di fare il cambio della carta, è opportuno spolverare le cartucce, senza muoverle, con segatura, allo scopo di assorbire la nitroglicerina.

Per difetto di fabbricazione della nitroglicerina (imperfetta lavatura) comune anche agli altri esplosivi, può manifestarsi l'acidità, e ciò significa che ha luogo un principio di decomposizione.

La ricerca dell'acidità si fa con due saggi: con la cartina di tornasole azzurra e col reattivo Angeli o p. dimetilaminoazobenzolo già menzionato, col quale le parti toccate si colorano in rosso.

Altro inconveniente, comune a tutti gli eteri nitrici, è quello della lenta decomposizione per effetto di vari fattori chimici o fisici; da ciò si comprende l'importanza che assumono, per la decomposizione, i saggi di stabilità, intesa nel senso di resistenza al calore.

GELATINE DINAMITI E LORO FABBRICAZIONE

Nelle gelatine dinamiti, oltre alla nitroglicerina e al cotone collodio, come già accennato, si incorporano altre sostanze (specialmente nitrati) allo scopo di dare la voluta consistenza alla miscela.

Hanno potere dirompente inferiore a quello della Gomma ed hanno

in più l'inconveniente di essere igroscopiche, specie quelle con nitrato sodico, per cui ora, questo assorbente, si adopera in proporzioni minime, soltanto allo scopo di elevare l'ossigeno, perciò la loro conservazione è più difficoltosa di quella della gelatina. In presenza di umidità, si hanno effluorescenze bianche dovute al nitrato sodico che si libera. Ho potuto notare che, con gli altri nitrati, questo inconveniente si verifica in proporzioni inferiori.

Gli esplosivi gelatinati fino a pochi anni orsono venivano impastati a 60°, quelli polverulenti a base di nitroglicerina a 30-35°; ora l'impasto viene fatto a freddo.

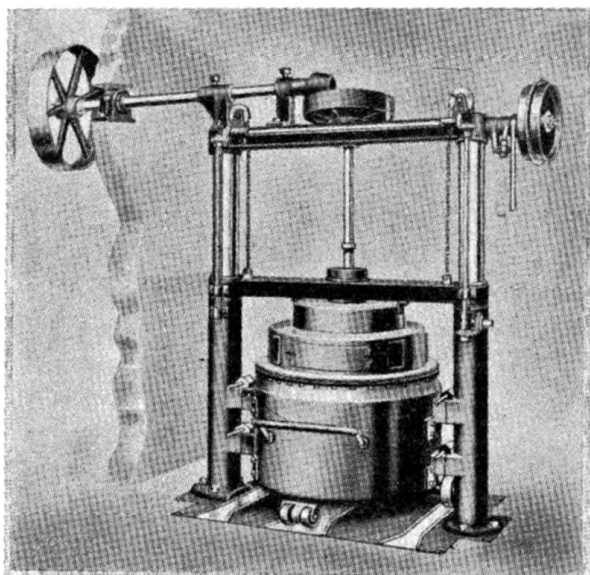



FIG. 41

Impastatrice a planetario.

Per far gelatinizzare la nitroglicerina, si versa questa con precauzione nell'impastatrice a freddo, aggiungendo, sempre a freddo, e in modo che si gelatinizzi, il cotone collodio che una volta si metteva asciutto e che quasi tutti ora mettono umido, sia per il pericolo che possa incendiarsi, sia per risparmiare l'asciugamento (Se il cotone si aggiunge alla nitroglicerina calda, si raggruma, dando luogo ad inconvenienti). Ho potuto però rilevare, che l'esplosivo fatto con cotone asciutto e a caldo, rimane molto più plastico conservandosi meglio e più a lungo. Riscaldando a poco a poco, si raggiungono, se l'impasto si vuol fare a caldo, i 60° facendo continuamente girare l'impastatrice. Per avere 200 Kg. di buona gomma con una impastatrice di vecchio tipo, occorrevano, dal momento in cui si versava la nitroglicerina nell'impastatrice, dai 50 ai 60 minuti. Ora con quelle moderne tipo planetario (vedi fig. 41) in 25-30 minuti si possono impastare Kg. 400 di dinamite di qualsiasi tipo facendo tutto a freddo.

TABELLA 26
DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI USATI IN ITALIA
CONTENENTI NITROGLICERINA

Denominazione	Gomma A	Gomma B	GEO	GDI	GD M	GD 2	GD II
Nitroglicerina	92	82,5	77,5	60	38	48,3	43,2
Cotone collodio	8	5,5	5	3,5	2,3	2,7	2,3
Nitrato ammonico	—	—	—	—	50,4	—	—
Nitrato sodico	—	8,5	12	30,5	6	42,7	45,5
Farina grano	—	—	3,5	2,2	—	2,8	7
Farina legno	—	3	1,5	3	—	3	—
Carbonato soda	—	0,5	0,5	0,5	—	0,5	1
Ocra rossa	—	—	—	0,3	0.5	—	—
Olio	—	—	—	—	2,5	—	—
Carbonato calcio	—	—	—	—	0,3	—	—
Densità	1,6	1,55	1,55	1,53	1,5	1,55	1,5
Trauzl cc.	630	560	540	440	475	355	320
Dist. colpo cm.	40	30	29	20	—	14	15
Bilancio O_2	0,116	0,951	0,20	6,20	6,54	13,7	11,6

N.B. - Le distanze di colpo negli esplosivi gelatinosi alla nitroglicerina, col tempo, tendono a diminuire.

Oltre ai sopra citati esplosivi ormai classici, in Italia ne vengono fabbricati altri come la *Gomma BM* al 65% di nitroglicerina con un Trauzl di circa 550 cc., chiamata in Svezia *Extradynamit LF 60,* in Germania *Dynamit N. 1,* in Francia *Gomme BAM,* in Svizzera *Dynamit F.* a bilancio di Ossigeno positivo; il *GEOM* al 57% e un Trauzl 500 cc., il *GDIMT* al 38% e un Trauzl di circa 460 cc., chiamato in Germania *Ammongelit,* in Inghilterra *Polarammongelatine,* in Austria *Gelatine Donarit,* in Svezia *Extradynamit LF IV ed LFB,* in Svizzera *Gelatine Telsit B, Gamsit C, Aldorfit B,* in Francia *Sofranex* anche questi a bilancio di Ossigeno positivo, in Spagna *Goma 2;* il *GDS* al 28% con un Trauzl di circa 440 cc.; la *Gelignite SA* al 25% di Nitroglicerina con un Trauzl di 420 cc., chiamata in Germania *Ammongelit 3, Delex,* in Francia *Tolamite, Noblite, Stabilite,* in Svezia *Polargelignite e Borenit,* in Svizzera *Gelatine Aldorfite C, Gamsite C,* in Jugoslavia *Vitezit* con Trauzl da 390 a 430 cc. Velocità di detonazione dai 5500 ai 6000 m/s, in Austria *Pelonit e Donarit, Nitramx, Nitrogel 1 e 2, Gelixite, FPC, FPM, DP 30 G,* ecc. Recentissime in Italia sono le Gelatine 1, 2 e 3.

Tutti questi esplosivi oltre alla nitroglicerina e cotone collodio contengono naturalmente nitrati e nitroderivati aromatici. A tali esplosivi vanno uniti i polverulenti, a basso tenore di nitroglicerina tipo *Cava D, Nitram X, Nitre X Galleria, Dinamon 1 B* contenenti dal 3 al 6% di nitroglicerina oltre al nitrato ammonico, tritolo, farina di legno ecc. e aventi un Trauzl che va dai 320 ai 400 cc. In Spagna vengono denominati *Semigel* e *Ammonite.* Inoltre da ricordare sono gli *esplosivi antigrisutosi, sempre alla nitroglicerina, dei quali parlerò.*

CONGELAMENTO DELLE DINAMITI
SISTEMI PER OVVIARE A TALE INCONVENIENTE

Uno dei difetti delle dinamiti, come abbiamo detto, è quello di congelare alle basse temperature, e ciò per il loro contenuto di nitroglicerina. Oltre alle difficoltà di maneggio e trasporto, quando sono congelate, presentano anche l'inconveniente di esplodere solo parzialmente, eccezion fatta per la Gomma.

Una commissione francese nel 1926, dopo diverse prove, concluse che il congelamento delle dinamiti è suscettibile di tradursi in un accrescimento della loro sensibilità all'urto e agli sfregamenti.

I campioni di gelatine esplosive, da trasparenti di colore ambrato, di consistenza plastica, diventano, se congelati, a poco a poco opachi, bianchi o macchiettati di bianco, duri al maneggio. Al microscopio diventano nettamente visibili, in tutte le cartucce, i cristalli di nitroglicerina; è invece invisibile la struttura fibrosa della nitrocellulosa.

Per riscaldamento, i cristalli della nitroglicerina, fondono progressivamente e si possono scernere piccole quantità di nitroglicerina essudate dal resto della cartuccia. A poco a poco la cartuccia diventa trasparente e riappare la struttura fibrosa della cellulosa.

Da prove che ho eseguito, un detonatore del N. 3 è sufficiente a far detonare completamente una cartuccia di Gomma congelata, mentre gli altri esplosivi alla nitroglicerina, nelle stesse condizioni della Gomma, non sempre esplodono interamente con un detonatore del N. 10.

Per eliminare gli inconvenienti prodotti dalla facile congelabilità delle dinamiti, si è studiata l'aggiunta ad esse di sostanze congelanti alle basse temperature in modo da facilitare e renderne meno pericoloso l'impiego alla temperatura invernale.

Le sostanze proposte, ed ora tutte impiegate nelle proporzioni dal 10 al 50%, sono state, o degli eteri nitrici, come la *binitroglicerina* e il *binitroglicol* di cui abbiamo già in parte parlato (vedi diagramma n. 6), il *tetranitrato di isobutilglicerina,* la *binitroformina,* la *binitrotrimonoacetina,* oppure alcuni nitroderivati aromatici come il *binitrotoluolo* (cioè olio di sgocciolamento che si ottiene sempre nella nitrazione del toluene) di cui si parlerà.

In alcuni paesi, al binitroglicol che è quello ora più adoperato, si è preferito un'altra soluzione tecnicamente meno completa, ma certamente più economica, consistente nello sciogliere delle miscele di binitrotoluolo o tritolo liquido nella nitroglicerina (a scapito però dell'ossigeno), con cui la congelabilità di quest'ultima viene ridotta, ma non quanto con gli altri esteri nitrici nominati precedentemente, e che hanno il vantaggio di non flemmatizzare la nitroglicerina.

Gli altri nitroderivati che si era tentato prima di sostituire, tra cui il nitrobenzolo, in piccola quantità, invece flemmatizzarono l'esplosivo, diminuendone il potere dirompente.

Herlin ha fatto qualche studio in proposito, concludendo che con una miscela di 40% di nitroglicerina e 60% di binitrotoluolo, si avrebbe il congelamento a — 20°; con una miscela al 60% di nitroglicerina e 40% di binitrotoluolo il congelamento avrebbe luogo a — 9°.

Come già accennato non bisogna però dimenticare che con l'aggiunta di questi nitroderivati aromatici, sorpassando un certo limite, facilmente calcolabile, l'ossidazione non è più completa. Infatti, ora, gli esplosivi da mina antigelo, per galleria, generalmente non si fanno che con nitroglicol e con la mescolanza prima accennata, glicerina-glicol.

TIPI DI IMPASTATRICI E NORME PRINCIPALI DA OSSERVARSI NEI LOCALI DI LAVORAZIONE DEGLI ESPLOSIVI GELATINIZZATI ALLA NITROGLICERINA

Le impastatrici per impasti alla nitroglicerina occorre che non abbiano ingranaggi scoperti, che il riscaldamento, se necessario, sia fatto con acqua calda, che le eliche e i mescolatori non siano coi perni interni, in modo che non vi sia pericolo che la nitroglicerina si depositi sui medesimi, poichè questi girando, possono riscaldarsi o consumare le guarnizioni in modo da diventare ricettacolo di nitroglicerina.

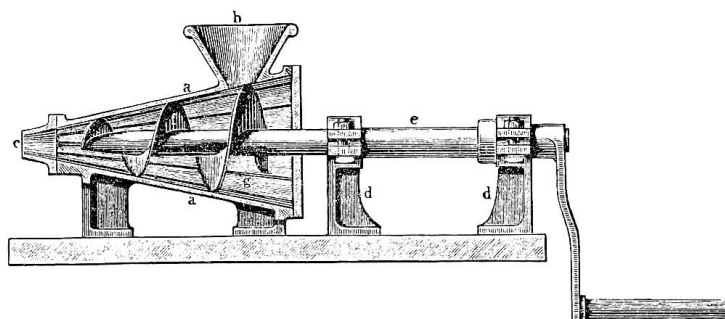
E' bene che tutti i recipienti o macchine che hanno contenuto nitroglicerina o altri esplosivi, prima di essere portati in officina per riparazioni, siano lavate con soda caustica o solventi e poi bruciate in luogo isolato. Con questo mezzo si evitano moltissime disgrazie.

Attualmente tutte le impastatrici per esplosivi alla nitroglicerina sono o di alluminio o di acciaio inossidabile. Ve ne sono di ottime moderne italiane e straniere fatte a planetario (fig. 41) che sono abbastanza sicure e con le quali in poco più di mezz'ora, a seconda delle dimensioni, come già detto, si possono fare anche 4 Q. di esplosivo operando a freddo.

Prima di cominciare il lavoro dell'impasto, sia per i polverulenti che per i gelatinosi, occorre assicurarsi che le impastatrici siano vuote e pulite, che funzionino perfettamente, che siano silenziose ingrassandole a dovere, che i loro motori, sempre al di fuori del reparto, siano efficienti. E' bene avvertire gli operai di segnalare ogni piccolo inconveniente. Occorre usare la massima delicatezza nello scarico delle impastatrici e non strisciare recipienti, tenere il pavimento pulito spesso con acqua e ogni giorno, per gli esplosivi alla nitroglicerina, con soda. Qualora nello scaricare l'impastatrice, qualche po' di esplosivo cada per terra, raccoglierlo subito depositandolo nell'apposita cassetta che poi verrà portata alla bruciatura. Il trasporto della nitroglicerina e la pesatura e il versamento della nitroglicerina nell'impastatrice, devono essere fatti con la massima attenzione.

Incartucciamento esplosivi - L'incartucciamento degli esplosivi da mina è un lavoro abbastanza delicato e si può fare a mano o a macchina. Le macchine per l'incartucciamento degli esplosivi contenenti nitroglicerina, devono essere o di bronzo o di alluminio o di acciaio inossidabile senza una minima soffiatura. Gli attriti o gli urti devono essere eliminati. Per gli esplosivi gelatinosi una volta, e molti stabilimenti ancora oggi le adoperano, si usavano le così dette « boudineuses » (Fig. 42) molto simili alle macchine per fare salsicce, o

FIG. 42

Macchina incartucciatrice tipo « boudineuse ».

delle macchine che si appendevano al muro, munite di una piccola tramoggia e un pistone che si manovrava a mano e nel quale si pressava l'esplosivo che veniva immesso nel bossolo di carta. Per gli esplosivi polverulenti e gelatinosi ora si usano macchine, sia orizzontali che verticali (Fig. 43), tutte basate sul principio di un'elica che immette l'esplosivo nel bossolo di carta o di un pistone. Attualmente si trovano in commercio ottime macchine automatiche anche senza eliche o pistoni capaci di riempire 50-60-140 cartucce al minuto, fino al calibro di 45 mm di diametro, sia per polverulenti che per gelatinosi.

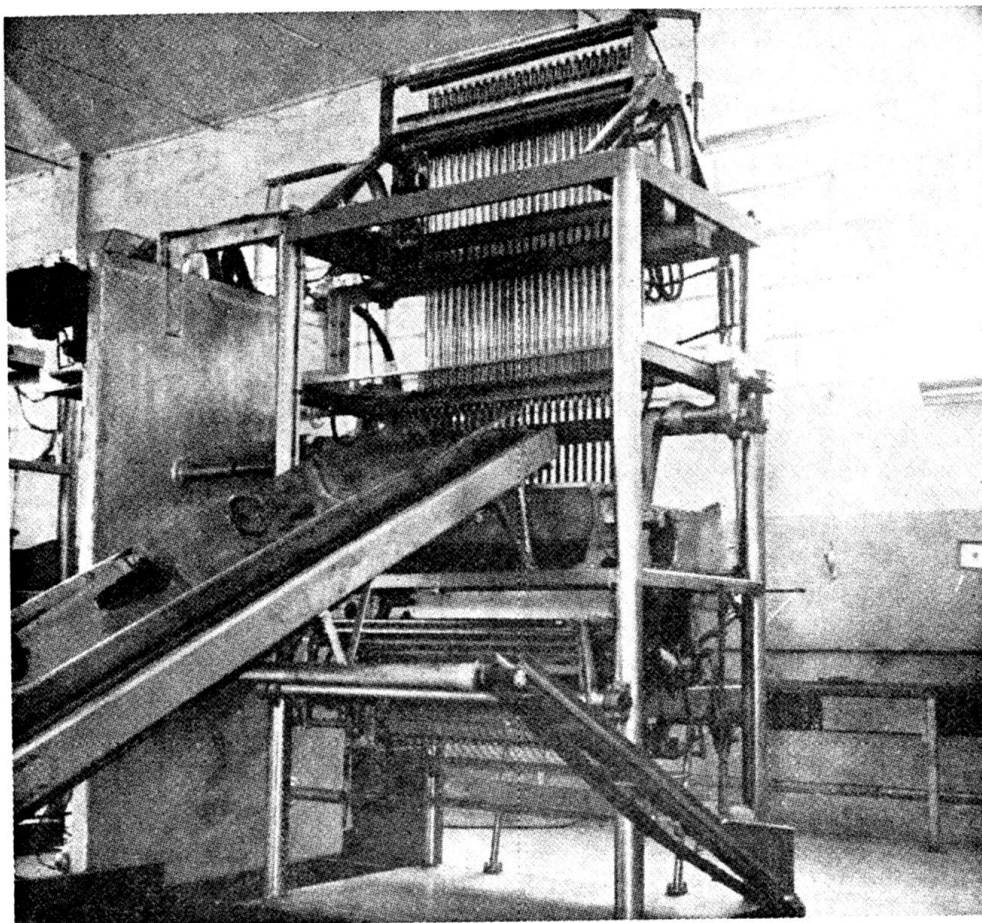



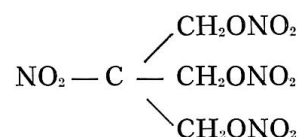
FIG. 43 - Incartucciatrice a pistoni.

SOSTITUTI DELLA NITROGLICERINA

A semplice scopo di curiosità, citerò alcuni esplosivi che si è tentato di sostituire alla nitroglicerina, specialmente nelle polveri di lancio, ma che, data la scarsa stabilità chimica, o la forte volatilità, o la difficoltà di fabbricazione per mancanza di materia prima, o lo scarso potere gelatinizzante, non hanno avuto applicazione pratica in Italia.

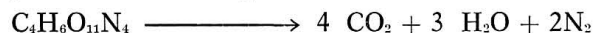
Ecco un rapido accenno su alcuni di essi:

NITROISOBUTILGLICERINA O TETRANITROISOBUTILGLICERINA (p.m. 286,080)

$$NO_2 - C \begin{cases} CH_2ONO_2 \\ CH_2ONO_2 \\ CH_2ONO_2 \end{cases}$$

che ha proprietà molto simili alla nitroglicerina, ma difficile a prepararsi e a stabilizzarsi. Il suo contenuto in Azoto è del 19,44%. Riscaldata a 180° esplode. Gelatinizza il cotone collodio.

Si può ottenere nitrando la nitroisobutilglicerina con una miscela contenente il 40% di ac. nitrico e il 60% di ac. solforico. Il rendimento è di circa l'80% del teorico. E' un liquido denso, oleoso che non solidifica, secondo prove recenti, neppure a — 35°; è meno stabile della nitroglicerina.

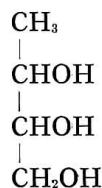
La sua decomposizione è la seguente:

$$C_4H_6O_{11}N_4 \longrightarrow 4\ CO_2 + 3\ H_2O + 2N_2$$

Solubile in alcool, etere, benzene, cloroformio.

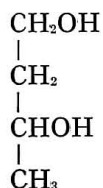
Ecco le sue principali caratteristiche:

Vol. Gas a 20° e 760 mm.	732 lt/Kg.
Calore di esplosione e Vol. costante	1700 Kcal/Kg.
Temperatura della fiamma di esplosione	3820°
Pressione specifica	10600 Atm/Kg.
Temperatura di esplosione	180°
Densità	1,68
Cavità al blocco Trauzl	560 cc.
Berta con peso di Kg. 2	6 cm.
Calore formazione	175
Bilancio Ossigeno	0

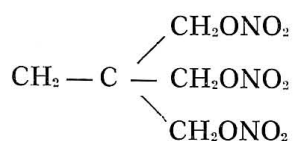
NITROMETILGLICERINA (p.m. 107,12)

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

Tale composto ha scarso potere gelatinizzante verso la nitrocellulosa, inoltre è più volatile e meno stabile della nitroglicerina per cui non è mai stato usato.

NITROBUTILENGLICOLE 1,3 (p.m. 90,12)

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

Ottenuto sinteticamente per condensazione di due molecole di aldeide acetica con formazione di aldolo e successiva idrogenazione. Ha basso potere di esplosione e ottime qualità gelatinizzanti verso la nitrocellulosa. Ha però il difetto di essere molto volatile come tutti i nitroglicoli per cui non è stato impiegato.

NITROMETRIOLO O TRINITRATO DI METIL-TRIMETILOLMETANO (p.m. 255,11)

$$
CH_2 - C \begin{cases} CH_2ONO_2 \\ CH_2ONO_2 \\ CH_2ONO_2 \end{cases}
$$

Si ottiene nitrando il metiloltrimetilolmetano o metriolo ottenuto a sua volta per condensazione dell'aldeide propilica con aldeide formica in presenza di un condensante a carattere alcalino. Fu studiato in Germania e anche in Italia. Pur avendo ottime qualità esplosive, di stabilità, temperatura, combustione e tensione di vapore inferiore a quella della nitroglicerina, si è dovuto scartare perchè si è notato che, col tempo, si separa dalla nitrocellulosa.

Solidifica a 5°. La sua volatilità è inferiore a quella della nitroglicerina e meno sensibile all'urto. La sua temperatura di esplosione pure. Dato il suo scarso potere gelatinizzante, si è proposto di aggiungervi il 5% di triacetato di metriolo.

TETRANITROPENTAERITRITE O PENTRITE (p.m. 316,15)

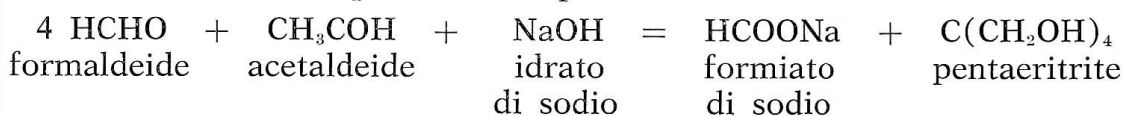
La pentrite fu scoperta nel 1891 da Tollens e Wigand. E' un omologo dell'eritrite che dà luogo ad un esplosivo interessante usato specialmente per detonatori primari e secondari, per compresse e moltissimo per la miccia detonante. In minima quantità, a causa del prezzo elevato, è stata usata per gli esplosivi da mina.

Comincerò quindi a parlare della:

Pentaeritrite $C = (CH_2OH)_4$

che si ottiene sinteticamente per condensazione della formaldeide e dell'acetaldeide in presenza di una base in soluzione acquosa e che nitrata, dà la pentrite, come vedremo più avanti.

Ecco la reazione per avere la pentaeritrite:

$4\ HCHO$	+	CH_3COH	+	$NaOH$	=	$HCOONa$	+	$C(CH_2OH)_4$
formaldeide		acetaldeide		idrato di sodio		formiato di sodio		pentaeritrite

Fabbricazione della pentaeritrite - Uno dei sistemi più moderni per ottenere la pentaeritrite è quello di mescolare 5 parti di formaldeide in soluzione acquosa al 30-40% e una di acetaldeide ad idrato di calcio diluito con acqua in modo da portare al 15-16% la concentrazione complessiva delle due aldeidi. In tal modo si sviluppa una reazione esotermica e la temperatura raggiunge i 50-55°. Dopo circa un'ora, la concentrazione dell'aldeide scende a meno di 0,1%; si tratta allora con una quantità di ac. solforico concentrato corrispondente al 96% della quantità teoricamente occorrente per la precipitazione degli ioni Ca. Dopo filtrazione e lavaggio a fondo del precipitato, si uniscono le acque di lavaggio al primo filtrato; la soluzione acquosa si concentra a pres-

sione ridotta fino a farla diventare una pasta densa che si raffredda e si centrifuga.

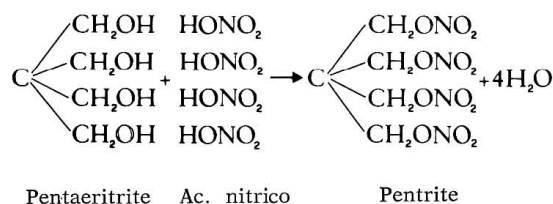
Si ha così un rendimento del 70% e una pentaeritrite tecnica contenente il 10-15% di impurezze. Un'altra parte di pentaeritrite tecnica si può ottenere a mezzo della concentrazione delle acque madri provenienti dalla centrifugazione fino al 40% del loro volume in partenza.

Tale pentaeritrite è impura di dipentaeritrite e tripentaeritrite, ma si può purificare, ed anzi è necessario farlo sciogliendo il prodotto tecnico in acqua bollente, decolorando con carbone, filtrando e concentrando fino ad ottenere una poltiglia densa che viene raccolta ad una temperatura superiore a 70°. Dopo essiccamento, tale prodotto fonde a 254-255° e contiene il 98% di pentaeritrite. Quando la pentaeritrite è pura, fonde a 260°.

Fabbricazione della pentrite - Come sopra accennato, per nitrazione della pentaeritrite si ottiene il *tetranitrato di pentaeritrite o tetranitropentaeritrite o Pentrite.*

Ecco come avviene la reazione:

$$C(CH_2OH)_4 + 4\,HONO_2 \rightarrow C(CH_2ONO_2)_4 + 4H_2O$$

Pentaeritrite Ac. nitrico Pentrite

La fabbricazione della pentrite può essere condotta in tre modi:

1) **Metodo francese** - Una parte di pentaeritrite (con p.f. compreso fra i 138° e 148°, cioè un po' più basso del teorico che sarebbe di 160°, a causa di inevitabili impurezze costituite specialmente da dipentaeritrite), viene versata a poco a poco in 4 parti di ac. Nitrico al 98% agitando e refrigerando in modo che la temperatura non salga oltre i 25°. A questo liquido in cui la pentaeritrite in parte si scioglie e in parte resta in sospensione, si aggiungono lentamente 4 parti di ac. solforico concentrato, sempre agitando e raffreddando in modo che non si oltrepassino i 25°. Così precipita rapidamente la pentrite in piccoli cristalli bianchi che vengono separati dal liquido raccogliendoli su filtro d'amianto o di vetro. La massa cristallina viene poi versata in acqua fredda mantenuta in agitazione e quindi asciugata in essiccatoio.

La pentrite greggia così ottenuta, viene depurata sciogliendola in 4 parti di acetone bollente posto in apparecchio munito di refrigerante a ricadere. La soluzione acetonica viene addizionata a piccole quantità di carbonato ammonico (per neutralizzare le ultime tracce di acidità), filtrata a caldo e poi versata in doppio volume in acqua fredda.

La pentrite depurata, a seconda del sistema adoperato, precipita allora quantitativamente sotto forma di piccolissimi cristalli (Figg. 44 A-B C e 45) aventi forme diverse venendo raccolta su filtro, lavata ed infine posta ad asciugare in essiccatoio ad aria calda a circa 65°. Da 100 Kg. di pentaeritrite si ottengono circa 222 Kg. di pentrite e cioè il 95% del teorico.

2) **Metodo tedesco** - Si scioglie nel rapporto di 3,5 parti di acido solforico al 95% una parte di pentaeritritc in apparecchi di acciaio inossidabile provvisti di agitatore meccanico e di doppia parete, in cui si fa circolare acqua fredda, in modo da mantenere la temperatura a 25°. Si filtra il liquido lattiginoso (solfopenta) attraverso filtri di amianto, mescolandolo con ac. nitrico conc.

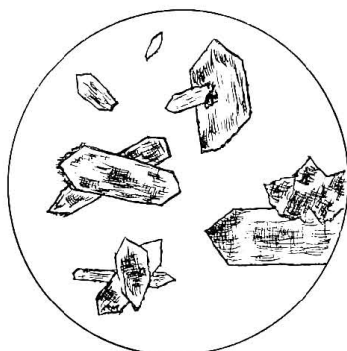



FIG. 44 A

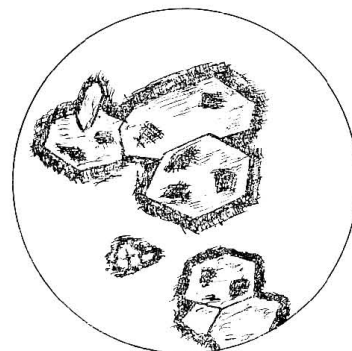



FIG. 44 B

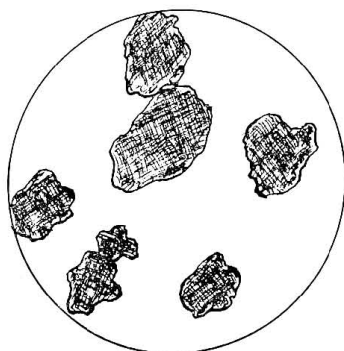



FIG. 44 C
Pentrite svedese

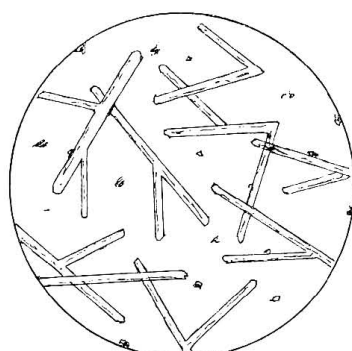



FIG. 45 - Pentrite cristallizzata dall'acetone.

nella proporzione di 4-5 parti di acido e una di pentaeritrite. Tali apparecchi, allo scopo di arrestare la reazione, si portano a 40°, e, appena questa è iniziata, si cerca di mantenere la temperatura, agitando continuamente, sotto i 50°, per una o due ore. Se si superano i 58° occorre annegare l'operazione. Finita la reazione si filtra e si opera come nel caso precedente. La resa è così del 92%.

3) *Metodo a nitrazione continua.* In un primo apparecchio si mescola la pentaeritrite nel rapporto di 6 parti di ac. nitrico fumante e una di pentaeritrite mantenendo la temperatura sui 20°. In tal modo si elimina la possibilità di formazioni di esteri solforici che, inglobati nell'esplosivo, potrebbero influire negativamente sulla stabilità. Il liquido uscendo dalla parte superiore dell'apparecchio, passa in un secondo apparecchio per completare la nitrazione e infine in un terzo dove una corrente di acqua diluisce l'acqua fino a portarlo al 25-30% provocando la separazione della pentrite, che, raccolta su filtro, viene scaldata con

soluzione di soda e con acqua sino a disacidazione e quindi, sciolta in acetone caldo, viene ricristallizzata e lavata. L'acido nitrico può venire concentrato al 50% e riutilizzato.

Secondo studi recentissimi i derivati della Pentrite a diverso grado di nitrazione, sciolti in ac. residuo avente concentrazione non rientrante in determinati limiti, sono suscettibili di reagire in modo ossidativo e iniziare una decomposizione che può culminare nell'esplosione. (Da « La chimica e l'industria », maggio 1972, pag. 411, di A. Camera).

Flemmatizzazione della pentrite - L'impianto di cristallizzazione può servire per la flemmatizzazione. La soluzione di pentrite in acetone, si manda nella caldaia di distillazione unitamente alla soluzione di soda, all'acqua e alla voluta quantità di paraffina. La soluzione si fa quindi raffreddare e si passa ai filtri per la separazione dell'esplosivo flemmatizzato; oppure si aggiunge all'esplosivo la paraffina desiderata e un po' d'acqua mescolando a 60-65° fino all'evaporazione di tutta l'acqua.

Proprietà fisiche e chimiche - *La pentrite presenta l'inconveniente di non essere fusibile senza decomposizione.* Al caricamento per compressione, presenta pericolo di scoppio a causa, pare, del riscaldamento dell'aria contenuta nei cristalli. All'urto ha una discreta sensibilità, poco invece allo sfregamento; si elettrizza facilmente.

Per questi motivi non si è potuta adoperare la pentrite pura in caricamenti di proiettili. Ha peso specifico 1,77. Comprimendola a 2800 atmosfere si perviene ad una densità massima di 1,74. Il punto di fusione della pentrite pura è di 140,6°-140,7°. Al di sopra del punto di fusione, come abbiamo detto, avviene la decomposizione dell'esplosivo con produzione di vapori nitrosi. A contatto con i metalli non ha tendenza a formare combinazioni esplosive. In presenza di umidità può intaccare leggermente lo zinco, l'ottone e il cadmio. Non è igroscopica. E' molto stabile al calore, forse a cagione della particolare posizione del carbonio quaternario. E' insolubile in acqua, poco solubile in alcool, etere, benzolo, molto in acetone e nell'acetato d'etile.

La sua fabbricazione e la sua manipolazione non è nociva alla salute, ma in certi individui, come ho avuto occasione di constatare io stesso, produce o mal di testa od altri disturbi di carattere generale, simili alla nitroglicerina. Questi casi però sono rarissimi.

L'equazione teorica di decomposizione della pentrite, secondo Kast, è schematicamente la seguente:

$$C\ (CH_2ONO_2)_4 \longrightarrow 3\ CO_2 + 2\ CO + 4\ H_2O + 2\ N_2$$

Ha un grado di stabilità abbastanza elevato, ma leggermente inferiore al T_4 che vedremo in seguito. Un gr. di sostanza dà, per scissione esplosiva:

$$CO_2 = 0{,}6960;\ H_2O = 0{,}2280;\ N_2 = 0{,}1772;\ O_2 = -0{,}1012$$

TABELLA 27
SOLUBILITA' DELLA PENTRITE IN GRAMMI PER 100 GR.
DI SOLVENTE (da W. R. TOMLINSON)

Temperatura / *Solvente*	0°	20°	40°	60°	80°	100°
Acqua		0,003				0,020
Metanolo		0,46	1,15	2,6		
Etanolo	0,02	0,195	0,415	1,205		
Etere	0,20	0,34				
Acetone	14,37	24,95	30,56	42,68		
Benzolo	0,15	0,45	1,16		7,90	
Toluene	0,15	0,43	0,62	2,49	5,85	15,92
Tetracloruro di carbonio		0,096	0,118			
Acetato di metile .		12,9	21,7			
Tritolo					19,3	48,6

Il suo calore di formazione molecolare è di 115,5 cal. (Kochler). Riscaldata a 120° comincia a decomporsi, finchè a 215° s'infiamma se trovasi all'aperto, esplode se trovasi al chiuso. Questo esplosivo ha un potere dirompente superiore a quello del tritolo. La sua velocità di detonazione alla densità di 1,62 è di oltre 8000 m/s. La sua sensibilità all'urto è molto grande e rende il suo impiego piuttosto difficile allo stato puro (in tal caso deve essere spedita con un'umidità del 25%), per cui si adopera generalmente flemmatizzata con paraffina colorata o in verde o in rosa al 5% o al 15%. La temperatura limite per l'asciugamento della pentrite pura umida è di circa 65°, e si fa per il confezionamento della miccia detonante o per il caricamento di detonatori da mina o da guerra.

Esplosivi da mina con pentrite - Per gli esplosivi da mina la pentrite si può adoperare flemmatizzata con l'1% di binitrotoluolo o con paraffina. Si devono usare impastatrici simili a quelle per la fabbricazione degli esplosivi alla nitroglicerina. Il costo però è molto alto.

Negli esplosivi da mina la pentrite era entrata in uso durante l'ultima guerra dando ottimi risultati. E' interessante il fatto che si amalgama benissimo con la nitroglicerina per cui lo Stettbacher ha studiato le così dette **pentriniti.** L'autore di questo testo ne ha provato tre tipi, i quali oltre a contenere nitroglicerina e pentrite non flemmatizzata, avevano anche una piccola percentuale di nitrato ammonico o di nitrato di potassio o di perclorato ammonico. Ha fatto prove con pentrite flemmatizzata sempre per esplosivi gelatinosi, ottenendo buoni risultati. Ha messo anche le cartucce sott'acqua per 15 ore; dopo questa lunga immersione, l'esplosivo ha dato egualmente ottimi risultati, specialmente quello con nitrato di potassio e perclorato ammonico, spezzando nettamente delle piastre di acciaio Cogne da 19 mm. di spessore con una cartuccia di 30 mm.

di diametro e di 100 mm. di lunghezza. La potenza al Trauzl si aggira sui 560-570 cc.; tra l'esplosivo asciutto e quello immerso nell'acqua la differenza è minima. Alle prove di Hess e del crusher, del cilindro di piombo ne è rimasto un pezzettino (Figg. 22 e 23).

Ecco un esempio di formula:

Nitroglicerina	40,75%	Trauzl	525 cc
Pentrite	40,75%	Distanza di colpo . . .	30 cm
Perclorato ammonico . .	17,—%	Velocità detonazione . .	7000 m/s
Cotone collodio	1,50%	Densità	1,55

Tale esplosivo, a parte il costo molto elevato, si potrebbe fabbricare benissimo per lavori subacquei. Un altro esplosivo gelatinato molto interessante contenente il 17-18% di pentrite che ha studiato a lungo nel 1940 per risparmiare nitroglicerina, necessaria per ragioni belliche, e che ha dato buoni risultati, è la così detta gelatina al Binitrotoluolo di cui parlerà nel capitolo dedicato a questo composto.

Ritengo interessante riportare una tabella delle caratteristiche più comuni della Pentrite, del T_4 e del Tritolo onde si possano confrontare i tre esplosivi attualmente più adoperati specialmente per usi militari:

TABELLA 28

	Pentrite	T_4	Tritolo
Densità massima	1,62	1,69	1,59
Temperatura di esplosione	195°	290°	> 290°
Temperatura della fiamma di esplosione .	3600	3380	2800
Calore di esplosione in calorie . . .	1400	1390	950
Pressione specifica atm/kg.	10500	10600	8100
Volume dei gas in litri	780	908	690
Cavità al blocco di Piombo (Trauzl) cc.	500	520	285
Sensibilità alla « berta » con peso di 2 kg.	30	35	90
Velocità di detonazione m/s	8400	8380	6500

Miscele belliche con Pentrite - Di tali miscele adoperate a scopo militare ve ne sono diverse ed io ne citerò alcune tra le principali.

Importante è l'**Antisanzionite** o **ANS** studiata dal dr. Tonegutti della Marina italiana composta da:

Nitrato ammonico	60%
Nitrato di guanidina	10%
Diciandiamide	10%
Pentrite	20%

Fonde a 104° grazie all'aggiunta del nitrato di guanidina e della diciandiamide che abbassano il punto di fusione. Per le armi subacque si propose di aggiungere una piccola percentuale di alluminio in polvere finissima.

Altri esplosivi da guerra a base di Pentrite sono:

P.A. (Italia) - Miscela di pentrite e tetraacetato di pentaeritrite contenente il 65-75% di pentrite, caricata per fusione come le 3 seguenti.

Pentastite (Svizzera) - Pentrite 93% e tetraacetato di Pentaeritrite 7%.

Pentolite - Adoperata specialmente per proiettili anticarro a guisa di carica cava. Con un Kg. si può perforare una corazza dello spessore di 10-20 cm. Pentrite 50% Tritolo 50% preparata per fusione da P.R. De Wilde in Svizzera Vd con $\triangle$ = 1,5 = 6450 m/s.

Pentrol - Pentrite 40-60% e tritolo per granate, razzi, proiettili anticarro e per cariche cave.

Pentrinite - Pentrite 80%, nitroglicerina 20%.

P.A.N. - Pentrite e nitrato ammonico; caricata per compressione.

P.A.N.A. - Pentrite, nitrato ammonico e alluminio caricata per compressione.

P.N.P. - Pentrite 20%, Nitrato ammonico 77%, paraffina 3% caricata per compressione.

P.T. X 2 - Pentrite, T_4, Tritolo. Per maggiori particolari vedere più avanti.

TABELLA 29

PROPRIETA' DI ALCUNE COMPOSIZIONI A BASE DI PENTRITE

Esplosivo	Densità di incartucciamento	Sensibilità all'innescamento. gr.	Temperatura di accensione (¹)	Velocità detonaz.	Coefficiente d'utilizzazione pratica	Potenza mortaio balistico
Pentrite	1,1 1,4 1,74	0,2	200	5500	146	145
Pentrite paraffina 90/10 . .	1,25	0,5		6890	119	
Pentolite 20/80 . .	1,0		306	5260		
Pentolite 50/50 . .	0,8 1,2 1,5 1,65 (fusa)	0,2	277	4600 5700 6450 7510	116	126
Pentolite 60/40 . .	1,0	0,2	275	5510		
Pentolite 70/30 . .	1,0	0,2	267	5675		
Pentolite 80/20 . .	1,0	0,2	262	5785	135	

(¹) Determinata con riscaldamento progressivo di 10° C al 1' (Ur banski).

ANALISI CHIMICA DELLA PENTRITE

I saggi da eseguirsi sulla pentrite sono i seguenti:

Alcalinità - Dopo ebollizione di 10 gr. di esplosivo in 120 cc. di acqua distillata, si raffredda, si filtra e si titola con NaOH N/10 in presenza di arancio di metile. Dopo aver fatto la differenza dell'NaOH N/10 per rendere neutra una eguale quantità di acqua trattata nello stesso modo, si procede al calcolo. Di regola si aggira da 0,002 a 0.004%.

Sostanze insolubili in acetone - Si sciolgono 50 gr. di esplosivo in 300-400 cc. di acetone, si lascia in riposo per 10 ore, si filtra raccogliendo l'insoluto su filtro previamente tarato. La differenza di peso moltiplicata per due, ci darà il percento di insolubile che al massimo deve raggiungere lo 0,7%.

Ceneri - Il filtro adoperato per le sostanze insolubili, si mette in crogiolo tarato a fiamma molto lenta (non fare bruciare il filtro alla fiamma per non perdere nulla del contenuto del crogiolo), si brucia mettendolo poi in una muffola a 600-700° fino a peso costante. Anche qui la differenza delle due pesate riportate a 100 dà la percentuale delle ceneri. La tolleranza è di 0,0018%.

Densità apparente - Si versano 100 gr. di esplosivo in un cilindro da 100 cc. fino a riempirlo senza costiparlo. Il peso dell'esplosivo rimasto si sottrae dai 100 gr. e tale differenza darà naturalmente il peso contenuto nel cilindro. Tale prova si può anche fare col gravimetro (Fig. 6).

Setacciatura - Si eseguisce passando 100 gr. di esplosivo su setacci a maglie più piccole determinando la percentuale passata su ogni singolo setaccio. Questa operazione si fa generalmente per l'esplosivo che deve passare attraverso le tramogge per detonatori, capsule e miccia detonante.

Umidità - Si determina su 10 gr. di esplosivo a 90°.

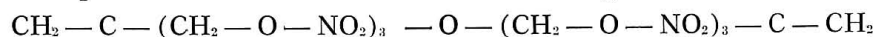
Saggio Abel - Si eseguisce a 80°. Le cartine non devono segnare prima di 60'.

Saggio tedesco - Si eseguisce a 120°. Deve essere superiore a 180'.

Determinazione dell'acidità - Si sciolgono 20 gr. di pentrite in 160 cc. di acetone. Si scalda la soluzione fino ad ebollizione, si riporta a peso per ripristinare la perdita ottenuta per evaporazione, si diluisce la soluzione con 200 gr. di filtrato, pari a 10 gr. di Pentrite.
Si titola con NaOH N/100 in presenza di rosso di metile.
L'acidità viene espressa in H_2SO_4.

ESANITROPENTAERITRITE (p.m. 220,084)

E' in cristalli bianchi con p.f. 71° e p. spec. 1,63. La sua velocità di detonazione è di 7400 m/s. ed esplode a 220° circa.
Si ottiene per nitrazione della dipentaeritrite, prodotto secondario nella preparazione della pentaeritrite. La sua formula è la seguente:

$$CH_2 - C - (CH_2 - O - NO_2)_3 - O - (CH_2 - O - NO_2)_3 - C - CH_2$$

ESANITROMANNITE O NITROMANNITE (p.m. 452,100)

Tale esplosivo fu a suo tempo studiato da Sobrero e poi da Menard, Vieille, Berthelot che lo ottennero trattando mannite con miscuglio nitrico.

La sua formula è la seguente:

$$CH_2ONO_2 — (CHONO_2)_4 — CH_2ONO_2$$

E' solubile in 34,4 parti di alcool a 12,8° e in 24 parti di etere a 9°. La densità è circa 1,6, ma fusa e compressa può raggiungere 1,8. Si presenta sotto forma di aghi finissimi che fondono a 112°, riscaldata a 190° s'incendia, a 225° deflagra e a 310° detona (Berthelot) (fig. 46).

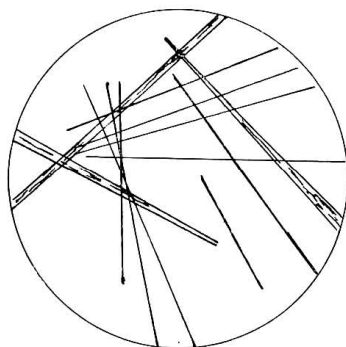



FIG. 46

Esanitromannite cristallizzata dall'alcool etilico.

E' un esplosivo potente, frantumante, più sensibile agli urti della nitroglicerina e quindi molto pericoloso. E' poco stabile, ed è facile ad autodecomporsi, il suo costo è molto elevato per cui non è mai stato impiegato; la sua equazione di decomposizione esplosiva è la seguente:

$$C_6H_8O_{18}N_6 \longrightarrow 6\ CO_2 + 4\ H_2O + 3\ N_2 + O_2$$

Le principali caratteristiche sono:

Densità massima	1,8
Calore di esplosione in calorie.	1454
Calore formazione	339
Pressione specifica atm/kg.	11600
Volume gas in litri	681
Temperatura della fiamma di esplosione	4300°
Cavità al blocco di Piombo (Trauzl) cc.	520
Velocità detonazione m/s	8200
Sensibilità alla berta con peso di 2 kg. cm.	5
Bilancio O_2	7,1%

Metodo di preparazione - E' simile a quello della nitroglicerina. Secondo Chalon basta impiegare una parte di mannite polverizzata e pura per una parte di ac. nitrico e 1,5 parti di ac. solforico. Indi purificare con acqua e cristallizzare con alcool.

Secondo Berthelot, alla temperatura di fusione, emette vapori acidi.

CAPITOLO QUARTO

LE NITROCELLULOSE

Le nitrocellulose si ottengono per nitrazione di un dato miscuglio nitrante sulla cellulosa, che è una sostanza organica, che forma le pareti delle giovani cellule vegetali.

E' quasi insolubile nei comuni solventi, morbida, piuttosto leggera, fibrosa, commercialmente di colore biancastro. Si ottiene principalmente dal cotone, che è quello che dà miglior fibra consistente, sottile, minuta e lunga, facilmente sfioccabile, tale che si presta bene alle successive operazioni di nitrazione. Il cotone deve essere purificato al massimo grado, dapprima con operazioni meccaniche quali battitura, cardatura, ecc. e dopo con trattamenti chimici successivamente effettuati con potassa caustica, ac. cloridrico, alcool, etere.

Sono state nitrate anche altre cellulose (il che ha particolare importanza per l'Italia che non ha produzione locale di cotone) e precisamente, come principali, quella ricavata dal gelso, dal pioppo, dall'abete e dalla paglia.

Tali cellulose, adoperate in Italia durante l'ultima guerra, da principio non diedero risultati paragonabili a quelli del cotone, ma dopo lunghi e pazienti studi, anche con questi succedanei, si sono ottenuti ottimi prodotti.

COMPOSIZIONI CHIMICHE DELLE NITROCELLULOSE

La cellulosa ha la funzione di alcool. Se ad essa si attribuisce la formula semplice ($C_6H_{10}O_5$) si può riconoscere la presenza di più gruppi alcoolici; infatti trattata con anidride acetica, dà origine ad un triacetato $C_6H_7O_2(C_2H_3O_2)_3$.

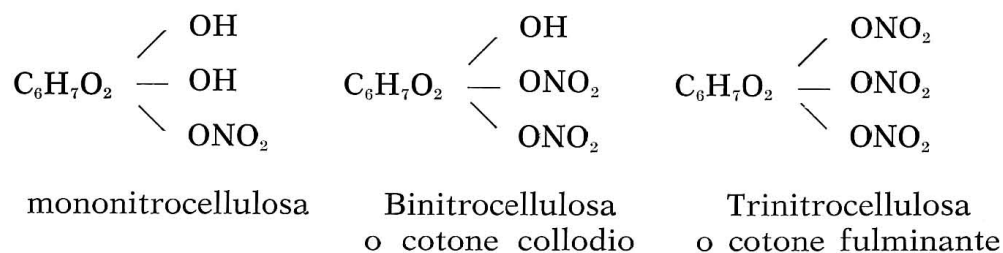
Alcuni attribuiscono alla cellulosa la formula doppia ($C_{12}H_{20}O_{10}$), così l'etere triacetilico precedente viene detto *triacetato di cellulosa,* il

quale, dopo evaporazione della sua soluzione in solventi organici, viene adoperato per la preparazione di alcune vernici impermeabili. Sul collodio presenta il vantaggio di essere molto meno infiammabile.

Noi dobbiamo occuparci degli eteri nitrici che si ottengono facendo agire una miscela di acido nitrico e solforico concentrati sui cascami del cotone, o della cellulosa sotto forma di carta crespata. A seconda del grado di concentrazione degli acidi e della durata d'immersione nel bagno, si ottiene un'eterificazione più o meno profonda. Lasciando il cotone durante 24 ore in un bagno formato da una parte di ac. nitrico (D. = 1,5) e tre parti di acido solforico (D. = 1,85), la nitrazione si può spingere fino ad ottenere un etere esanitrico, $C_{12}H_{14}O_5\ (O-NO_2)_6$.

Quando noi sottoponiamo alla nitrazione la cellulosa, in base alla formula semplice $C_6H_{10}O_5$ possiamo ottenere tre eteri nitrici:

$$C_6H_7O_2 \begin{cases} OH \\ OH \\ ONO_2 \end{cases} \qquad C_6H_7O_2 \begin{cases} OH \\ ONO_2 \\ ONO_2 \end{cases} \qquad C_6H_7O_2 \begin{cases} ONO_2 \\ ONO_2 \\ ONO_2 \end{cases}$$

mononitrocellulosa — Binitrocellulosa o cotone collodio — Trinitrocellulosa o cotone fulminante

con un contenuto in Azoto rispettivamente del 6,7% : 11,13% : 13,80%. Dal punto di vista pratico l'etere mononitrico non ha alcuna importanza. Per le loro applicazioni pratiche offrono interesse particolare la *binitrocellulosa* o *cotone collodio* e la *trinitrocellulosa* o *cotone fulminante.*

Un criterio pratico che serve a distinguere facilmente il cotone collodio dal fulmicotone è il seguente: le nitrocellulose contenenti l'11,5-12,5% di Azoto *sono completamente solubili nella miscela alcool-etere* e vengono gelatinizzate molto bene dalla nitroglicerina, per cui sono indicate col nome di *cotone collodio.* Nella preparazione delle gelatine dinamiti e delle dinamiti polverulente sempre a base di nitroglicerina, si adopera il cotone collodio compreso tra l'11,2 e il 12,3% di azoto, mentre nella preparazione di molte polveri alla nitrocellulosa, è necessario che il contenuto di azoto del cotone sia dal 12,5 al 12,7% nel qual caso prende il nome di *pirocollodio.*

Le nitrocellulose che contengono più del 12,7% di azoto, sono insolubili nella miscela alcool-etere, non sono gelatinizzate dalla nitroglicerina e prendono il nome di *cotone fulminante* o *fulmicotone.*

Il massimo titolo raggiunto dalla nitrocellulosa è del 13,75-13,8% con miscela solfonitrica, mentre, operando con una miscela di ac. nitrico e anidride fosforica, si può giungere fino al 14,09% che però non ha importanza pratica perchè troppo difficile da ottenersi e costosa.

E' logico che durante la nitrazione, dalle reazioni possono prendere origine altri composti con un contenuto in azoto intermedio tra quello

della binitro e quello della trinitrocellulosa, per cui si è pensato di raddoppiare, triplicare, ecc. la formula semplice della cellulosa, ottenendo formule come $C_{12}H_{20}O_{10}$, $C_{18}H_{30}O_{15}$, ecc.

Vieille, nelle sue classiche ricerche sulla trinitrocellulosa, è propenso ad ammettere fra le cellulose la formula $C_{24}H_{40}O_{20}$, ossia un tetramero; da questa derivano cinque diverse nitrocellulose che corrispondono ai prodotti utilizzati nella pratica.

Essi sono:

a) $C_{24}H_{32}O_{20}$ $(NO_2)_8$: Ottonitrocellulosa con l'11,13% di N.
b) $C_{24}H_{31}O_{20}$ $(NO_2)_9$: Enneanitrocellulosa con l'11,98% di N.
c) $C_{24}H_{30}O_{20}$ $(NO_2)_{10}$: Decanitrocellulosa con il 12,78% di N.
d) $C_{24}H_{29}O_{20}$ $(NO_2)_{11}$: Endecanitrocellulosa con il 13,50% di N.
e) $C_{24}H_{28}O_{20}$ $(NO_2)_{12}$: Dodecanitrocellulosa con il 14,16% di N.

aventi la *a)* NO in cc. per gr. 177,52
b) NO in cc. per gr. 191,08
c) NO in cu. per gr. 203,87
d) NO in cc. per gr. 215,32
e) NO in cc. per gr. 225,53

Nella pratica, per cotone collodio, che ha particolare importanza per la fabbricazione delle dinamiti, s'intende quindi una nitrocellulosa contenente non meno dell'11,2% di Azoto e non superiore al 12,3% di Azoto solubile nel miscuglio alcool-etere.

Il miscuglio alcool-etere è composto di una parte di alcool e due di etere etilico.

Il Lunge, che ha studiato con cura le condizioni di formazione del cotone collodio, è giunto alla conclusione che, nitrando la cellulosa col solo acido nitrico, si forma quasi esclusivamente il cotone collodio. Tale sistema però non può essere eseguito in pratica, perchè con l'aggiunta di ac. solforico si può impiegare una quantità minore di ac. nitrico. Da queste ricerche è risultato, che, nella preparazione tecnica del cotone collodio, si può adoperare un miscuglio nitrico solforico dal 15 al 18% di acqua, per cui il Lunge dice che, per ottenere una nitrocellulosa ad elevato tenore di N, non è assolutamente necessario adoperare miscugli anidri.

Questo risultato ha naturalmente una grande importanza pratica, data l'economia che può portare nell'industria della nitrocellulosa.

Altro fatto importante riscontrato dal Lunge, è che la velocità di nitrazione della cellulosa cresce rapidamente con l'aumentare della temperatura, ma il tenore di N del prodotto diminuisce alquanto elevando la temperatura da circa 16-19° a 40°, e resta praticamente costante fra 60 e 80°; inoltre il rendimento del processo diminuisce col crescere della temperatura.

Per ciò che riguarda l'influenza del rapporto H_2SO_4 e HNO_3 nel processo di nitrazione, la velocità della nitrazione decresce rapidamente con l'aumentare della quantità di ac. solforico. Queste osservazioni furono fatte da Vieille e confermate da Lunge il quale concluse dicendo:

1) Il tenore massimo di azoto si ottiene quando il rapporto $H_2SO_4 : HNO_3$ non è inferiore a 0,25:1 e non superiore a 3:1.
2) Oltre ad un certo rapporto $H_2SO_4:HNO_3$ (probabilmente 8:1) il prodotto finale contiene sempre della cellulosa inalterata.

3) Un eccesso di acido solforico altera la struttura della nitrocellulosa.

Le composizioni approssimative delle miscele impiegate per preparare i tipi più importanti di nitrocellulosa sono le seguenti:

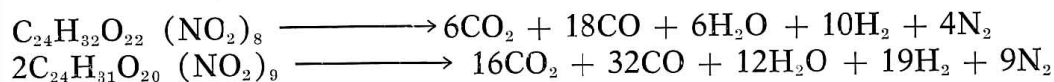
Cotone collodio con l'11,2-12,3% di azoto: 60% di acido solforico: 24% di acido nitrico: 16% di acqua.

Pirocollodio col 12,5-12,7% di azoto: 62% di acido solforico: 23% di acido nitrico: 15% di acqua.

Fulmicotone col 13,2-13,4% di azoto: 64% di acido solforico: 25% di acido nitrico: 11% di acqua.

Vedi Tabella 31.

Considerando il cotone collodio come una miscela di otto ed ennea-nitrocellulosa, si hanno le seguenti equazioni di decomposizione:

$$C_{24}H_{32}O_{22}(NO_2)_8 \longrightarrow 6CO_2 + 18CO + 6H_2O + 10H_2 + 4N_2$$
$$2C_{24}H_{31}O_{20}(NO_2)_9 \longrightarrow 16CO_2 + 32CO + 12H_2O + 19H_2 + 9N_2$$

Le costanti caratteristiche che si deducono da queste equazioni danno valori inferiori a quelli che si calcolano dalle equazioni di decomposizione del cotone fulminante.

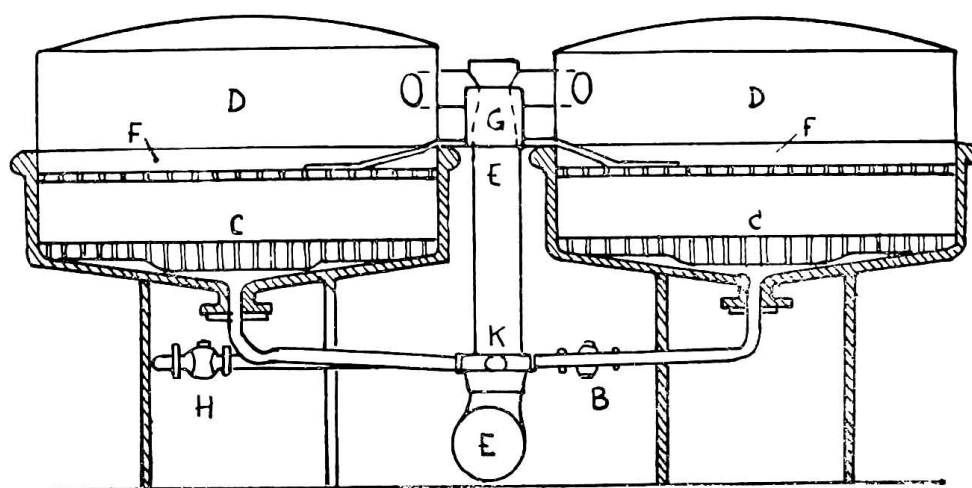



FIG. 47 - Vasche per processo Thompson.

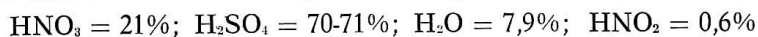
METODI DI FABBRICAZIONE DEL COTONE NITRATO

Il cotone o la cellulosa sotto forma di sottile carta od ovatta o carta crespata, dopo essere stata pulita per mezzo del cardaggio dalle sostanze eterogenee in essa contenute, viene essiccata in essiccatoi ad aria calda a 50-60°, in modo che contenga meno dello 0,5% di umidità.

Quindi si raffredda in recipienti di lamiera ben chiusi passando poi alla nitrazione.

I due processi di nitrazione più importanti sono il *Thompson* (fig. 47) e quello delle *turbine Selwig* (fig. 48).

Il Thompson, ora quasi abbandonato, comprende un numero determinato di gruppi di vasche di grès o di piombo, che lavorano contemporaneamente e sono riunite fra loro per mezzo di tubi di piombo per l'immissione, la circolazione e lo scarico del miscuglio acido e dell'acqua. Con questo processo la nitrazione si fa con una miscela della seguente composizone:

$HNO_3 = 21\%$; $H_2SO_4 = 70\text{-}71\%$; $H_2O = 7{,}9\%$; $HNO_2 = 0{,}6\%$

Questi dati però sono molto elastici, poichè, come ho detto, variano a seconda del cotone che si vuole ottenere, il che è in rapporto anche con la durata della nitrazione e che varia dalle due alle quattro ore.

Il miscuglio acido di ricupero ha presso a poco questa composizione:

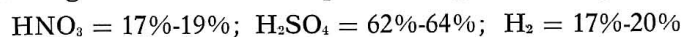
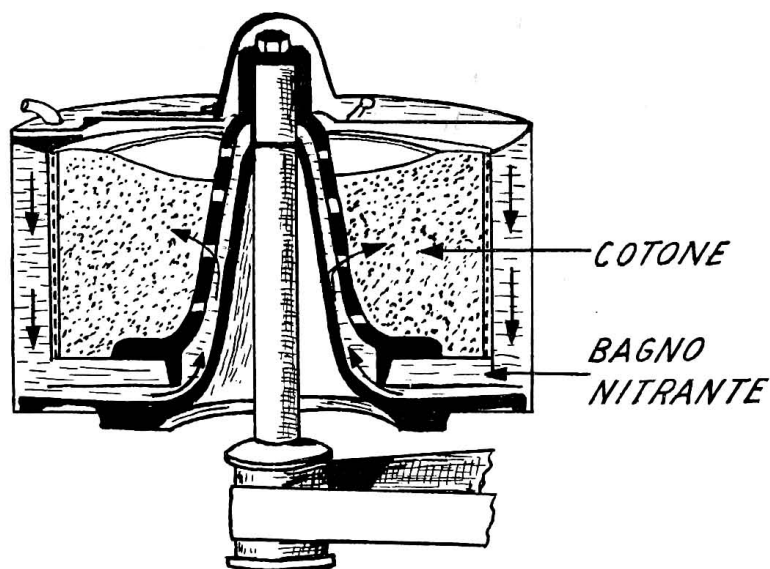
$HNO_3 = 17\%\text{-}19\%$; $H_2SO_4 = 62\%\text{-}64\%$; $H_2 = 17\%\text{-}20\%$

Dato il forte consumo degli acidi, una particolare importanza riveste il ricupero della miscela esaurita che può venire rinforzata mediante una miscela concentrata ricca di ac. solforico; tale rigenerazione può essere fatta moltissime volte, ma infine è bene inviare la miscela esaurita alla denitrazione poichè in essa si sono accumulati ingenti quantità di derivati instabili provenienti dalla parziale idrolisi ed ossidazione della cellulosa come, a suo tempo, dimostrò Will.

FIG. 48

Turbina Selwig.

A tale proposito aggiungerò che nella fabbrica inglese di Waltham Abbey, come riferisce il Molinari nella sua « Chimica organica », si è trovato che l'acido nitrico ricuperato, denitrando gli acidi riguadagnati, non si deve adoperare nella fabbricazione della nitroglicerina perchè questa risulterebbe instabile.

Processo delle turbine Selwig (fig. 48). Tale processo, ora di uso comune, comprende le turbine Selwig, le quali consistono in una cassa di ghisa sul fondo della quale, poggiante su pietra, s'innalza un asse perpendicolare. Sulla cassa è posto un paniere forato destinato a ricevere la carica di cotone composta di 20-30 Kg.

La cassa di ghisa viene quindi riempita col miscuglio acido per mezzo di un tubo, e la centrifuga viene messa in movimento facendo ruotare l'asse con una puleggia. Lo scarico del miscuglio acido perviene al fondo della cassa, regolando un rubinetto e, attraverso un altro tubo, questo miscuglio, dopo conveniente correzione, può ritornare nella cassa della turbina, che ha il coperchio munito di una grossa apertura per l'aspirazione dei vapori acidi e di una finestra di osservazione.

La carica della turbina si fa nel modo seguente: si riempie dapprima la cassa col miscuglio nitrico solforico, indi girando lentamente il paniere, si introduce il cotone o la cellulosa sotto forma di carta

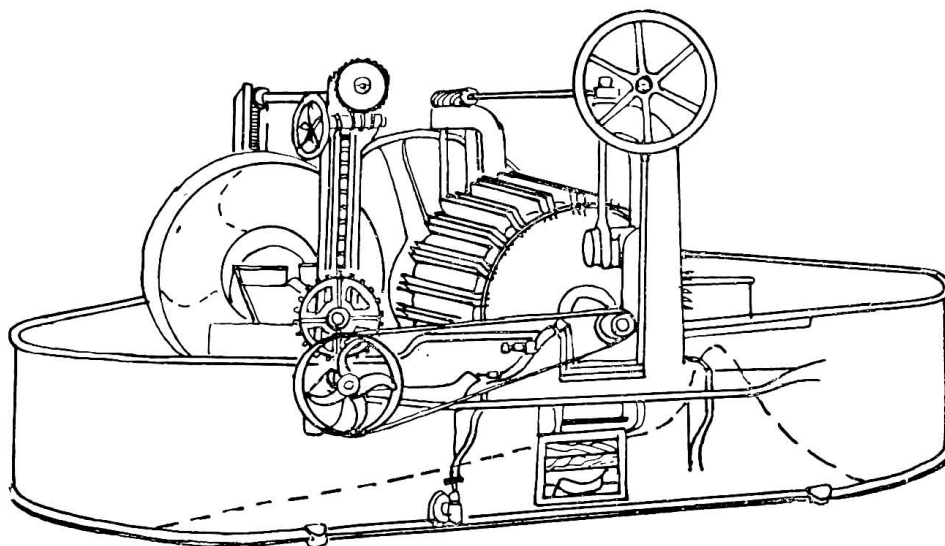



FIG. 49 - « Olandese » per il polpaggio del cotone.

crespata, comprimendola fortemente con forchetti di alluminio. Si mette in moto la turbina facendole compiere dai 25 ai 35 giri al minuto.

Nella rotazione l'acido si diffonde nella cassa dando origine alla reazione di nitrazione. La durata della reazione varia dai 30 ai 45' a seconda del tipo di cotone che si deve preparare. I locali delle turbine devono essere molto arieggiati, grandi e comodi, provvisti di numerose manichette antincendio, poichè spesso qualche turbina si incendia, ma intervenendo immediatamente, è facile spegnerla.

La composizione del miscuglio che si usa con questo sistema è press'a poco il seguente:

$HNO_3 = 22\%$; $H_2SO_4 = 68\text{-}69\%$; $H_2O = 8\text{-}9\%$; $HNO_2 = 0{,}3\text{-}0{,}5\%$

Il miscuglio di ricupero ha la composizione di quello già scritto per il Thompson.

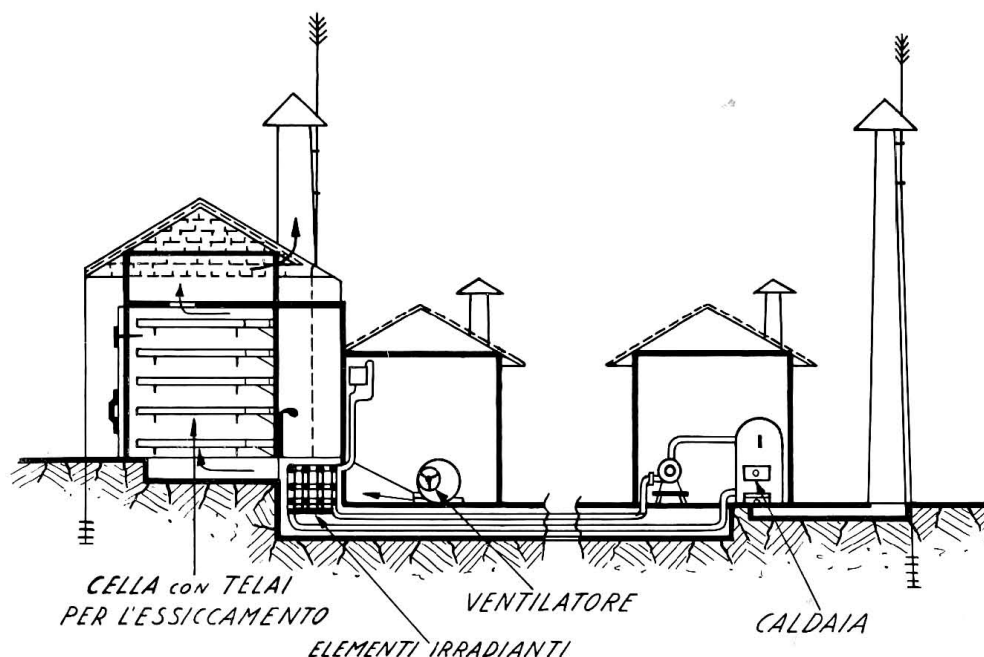



FIG. 50.

Quando la cellulosa ha subito il grado voluto di nitrazione, occorre renderla stabile, per cui viene tolta dalla turbina, posta in vasche di lavaggio dove circola acqua fredda. Dopo il lavaggio con acqua fredda, si sottopone alla bollitura il prodotto, ancora lievemente acido, ciò che ha luogo in tini di legno muniti di coperchi di alluminio e di tubi per l'aspirazione dei vapori acidi. Da notare chc mentre la nitrazione avviene a basso numero di giri (25/35 min.) la separazione della soluzione dalla nitrocellulosa avviene a 800-900 giri/min.

Dai bollitori, il prodotto viene trasportato nelle macchine così dette « olandesi », quasi identiche a quelle che servono per la fabbricazione della carta, allo scopo di operare il polpaggio, con la quale operazione si sminuzza il cotone (fig. 49) trasportato da una forte corrente d'acqua, attraverso una ruota dentata, che serve anche per eliminare qualsiasi traccia di acido minerale trattenuto nell'interno della fibra stessa.

Il cotone polpato viene inviato, per mezzo di pompe con conduttore di alluminio, nei tini, dove si separano le materie estranee pesanti, e quindi in canali muniti di elettrocalamite che attirano gli eventuali pezzettini di ferro contenuti ancora nel cotone.

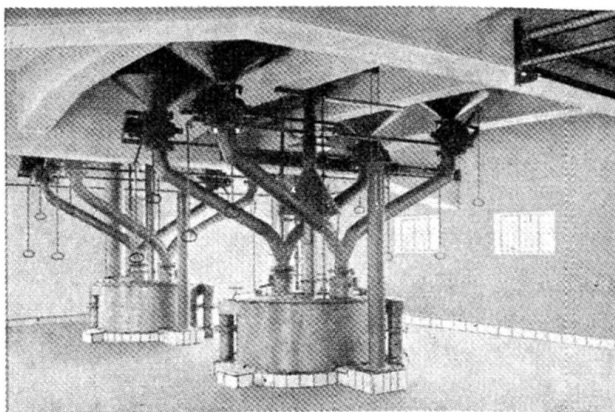



FIG. 51 A

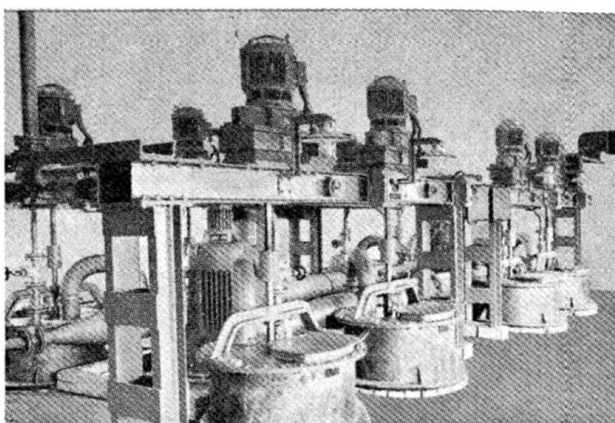



FIG. 51 B

Le macchine olandesi possono ridurre in pasta da 180 a 200 Kg. di cotone o cellulosa in circa 4 ore.

Poichè da tutti i recipienti di nitrazione non è possibile ottenere un prodotto che abbia lo stesso contenuto di Azoto, per avere una perfetta omogeneità, è necessario mescolare in grandi tini di legno o di cemento i singoli prodotti provenienti da diverse operazioni di nitrazione, quindi fare la stabilità che non deve risultare inferiore a 16-19'.

Allo stato umido e cioè col 25-30% di acqua, la manipolazione del cotone nitrato è abbastanza sicura.

Ritengo opportuno precisare che tutti gli stabilimenti di nitrocellulosa devono essere ubicati in posti molto ricchi di acqua.

Quando per gli esplosivi da mina si usava il cotone allo stato secco, era necessario, dopo setacciamento, trasportare il prodotto umido negli appositi essiccatoi (fig. 50), dai quali si toglieva quando aveva un'umidità non superiore all'1%. Attualmente il cotone collodio per le dinamiti, come ho già scritto, viene usato da tutti umido; in tal modo si è diminuito il costo e soprattutto il pericolo che, nella manipolazione, questo s'incendi.

FIG. 51 C

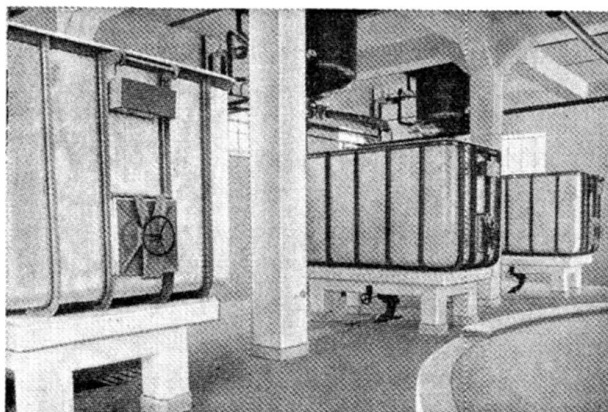



FIG. 51 D

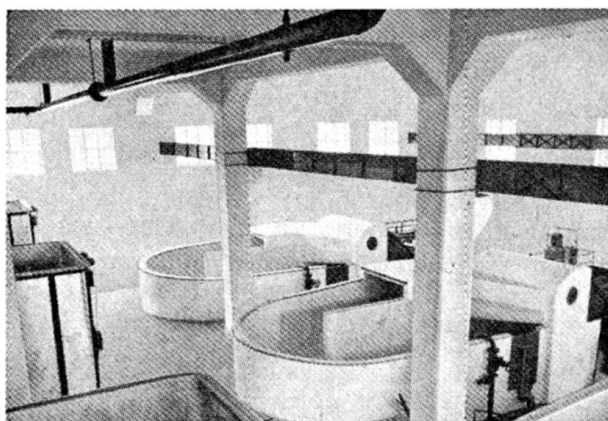
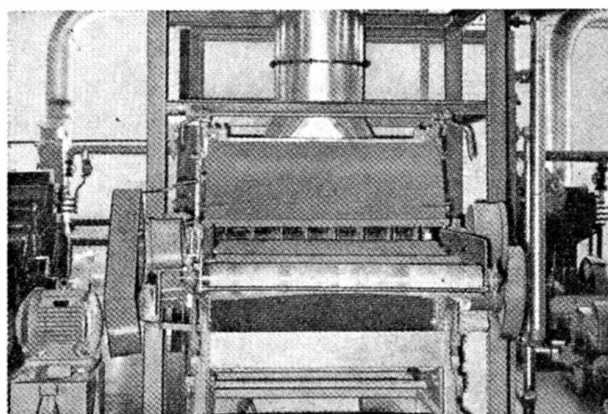
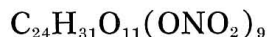



FIG. 51 E

Ora vi sono modernissimi impianti di nitrazione del cotone sempre però basati sullo stesso principio, ma più sicuri e funzionali (figg. 51 A, B, C, D, E).

COTONE COLLODIO (p.m. 1053,23)

Il cotone collodio non ha una composizione ben definita, ma una delle più probabili pare sia la seguente:

$$C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_9$$

in quantochè è un miscuglio di esteri nitrici contenenti una minor quantità di azoto del cotone fulminante. *Una particolarità che lo distingue dagli altri cotoni nitrati, come già detto, è quella di essere solubile nel miscuglio alcool-etere.* Fu scoperto nel 1846 da Schönbein.

La miscela solfonitrica per la nitrazione del cotone collodio, secondo Lunge, dovrebbe essere presso a poco la seguente: ac. solforico 60%, ac. nitrico 20%, acqua 20%, ma in pratica è più usata quella citata nel paragrafo precedente.

Il cotone collodio per dinamiti, dopo la nitrazione, subisce il lavaggio, il polpaggio e la stabilizzazione come tutti i cotoni nitrati.

Il cotone collodio per balistite deve contenere da 11,21 a 11,75% di azoto, **quello per dinamiti** può giungere anche al 12% e ambedue sono completamente solubili come già detto, in alcool-etere.

Il così detto **pirocollodio** preparato da Mendelejev è quello al 12,3% di azoto molto usato nelle polveri senza fumo, come vedremo più avanti, e con alto grado di solubilità nel miscuglio alcool-etere.

Il cotone collodio entra come componente in tutti gli esplosivi da mina a base di nitroglicerina poichè si scioglie in questa formando delle soluzioni colloidali che, a seconda della quantità in essa contenuta, si rapprende in masse più o meno consistenti, e in quasi tutte le polveri senza fumo. Gelatinizza con binitrotoluolo.

Negli esplosivi gelatinati il cotone collodio va sempre messo, come già detto, a freddo sia nella nitroglicerina che nel binitrotoluolo aumentando poi la temperatura, se l'impasto si vuol fare a caldo, fino a 60°.

Negli esplosivi polverulenti a base di nitroglicerina, il cotone occorre aggiungerlo dopo l'immissione nell'impastatrice della nitroglicerina e del nitrato, riscaldando, se si crede opportuno, fino a 35°. Se si opera come per gli esplosivi gelatinati, dato il basso tenore della nitrogicerina che va dal 4 al 12%, il miscuglio con gli altri componenti polverulenti non potrebbe riuscire, poichè oltre a formarsi dei grumi, la nitroglicerina non si espanderebbe in modo uniforme a scapito della potenza dell'esplosivo, della sicurezza di lavorazione e della conservazione delle cartucce.

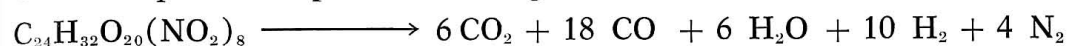
Proprietà fisico-chimiche - Il cotone collodio per dinamiti non polpato ha un aspetto simile al cotone, mentre quello ricavato dalla carta, assomiglia ad una pasta; si infiamma facilmente a 180-200° e brucia con fiamma giallognola. Col calore si decompone verso 160°. E' ruvido e friabile al tatto; ha un peso specifico 1,6. Non ha sapore.

E' insolubile in acqua fredda e calda; si scioglie facilmente dando però una soluzione collodiale oltre che nella miscela alcool-etere (1:2 in volume), anche in acetone, etere acetico, acetato di butile, ecc. che sono i suoi *gelatinizzanti volatili.*

Tra i gelatinizzanti fissi si hanno invece la nitroglicerina, il nitroglicole, il nitroeterolo o nitrodiglicolc, il binitrotoluolo, la centralite, la ftalide, la acetilcellulosa, la canfora, ecc. Si elettrizza molto facilmente per frizione, incendiandosi.

Si conserva generalmente in casse di legno rivestite di lamiera zincata o in sacchetti di politene sempre in casse o fusti e con una umidità del 20-30%, e questo anche per poter viaggiare.

Se acceso in recipienti chiusi esplode. Può esplodere però anche all'aperto se in grandi masse. La sensibilità diminuisce con l'aumentare dell'umidità. Da solo, il cotone collodio non è mai adoperato; invece entra come vedremo, oltre che nelle gelatine dinamiti, in tutte le polveri infumi alla nitroglicerina (balistite, solenite ecc.). La sua formula di decomposizione pare sia la seguente:

$$C_{24}H_{32}O_{20}(NO_2)_8 \longrightarrow 6\,CO_2 + 18\ CO + 6\ H_2O + 10\ H_2 + 4\ N_2$$

Ecco le principali caratteristiche fisico-chimiche:

Densità 1,6
Temperatura di esplosione . . . . 186°
Temperatura della fiamma di esplosione 2100
Calore di esplosione in calorie 700
Volume gas in litri 940
Trauzl cc. 250
Sensibilità alla berta da 2 kg., cm. 35
Velocità detonazione m/s 5400
Pressione specifica atm/kg. 8600

Le nitrocellulose hanno bilancio di Ossigeno negativo, tanto più quanto più basso è il titolo di Azoto:

TABELLA 30

Tipo di cotone	% N	Bilancio ossigeno	Peso molecolare	Calore di formazione
Fulmicotone (endecanitroc)	13,2	— 28,6%	1143	650 Kcal/kg.
Cotone collodio (enneanitroc)	12,3	— 38,7%	1053	601 Kcal/kg.

FULMICOTONE O COTONE FULMINANTE (p.m. 1143,3)

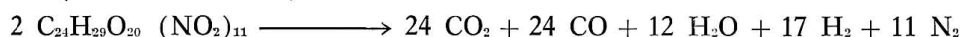
E' un esplosivo ormai caduto un pò in disuso, per cui mi limiterò ad accennare alle cose principali. Fu scoperto nel 1846 da Schönbein e si tentò di utilizzarlo nelle artiglierie.

Il barone austriaco Von Lenh lo perfezionò leggermente, ma due tremende esplosioni nel 1862 a Simmering e nel 1865 a Steinfeld sconsigliarono il suo impiego diretto.

La sua fabbricazione è identica a quella del cotone collodio con un titolo di Azoto, come abbiamo detto, superiore al primo, oscillando fra 12,8 e 13,5%.

Proprietà fisico-chimiche - Ha caratteri simili al cotone collodio. E' però più igroscopico, più infiammabile e si elettrizza più facilmente. I solventi sono quelli del cotone collodio **esclusi** la nitroglicerina e l'alcool-etere. Si infiamma a 180-200°. Ha un peso specifico di 1,1-1,2; però per compressione, per es. nelle teste di siluro, arrivava a 1,46. Attualmente le teste di siluro sono però caricate non più con cotone fulminante, ma con altri esplosivi che in seguito vedremo. E' meno stabile al calore del precedente e si conserva anche questo col 30-40% di umidità.

Pare che l'equazione di decomposizione, all'atto della detonazione, sia la seguente (Sarrau e Vieille):

$$2\ C_{24}H_{29}O_{20}\ (NO_2)_{11} \longrightarrow 24\ CO_2 + 24\ CO + 12\ H_2O + 17\ H_2 + 11\ N_2$$

Una volta veniva impiegato col 20% di umidità per caricamento di proiettili, siluri, ecc. mentre, allo stato secco, veniva impiegato per inneschi e lavori da mina. Ora entra, ma in piccolissima parte e mescolato a pirocollodione, in alcune polveri senza fumo tipo cordite inglese, C_2, polveri da caccia ecc. come vedremo nelle pagine seguenti.

Le sue principali caratteristiche sono le seguenti:

Densità max	1,66
Temperatura di esplosione	180°
Temperatura della fiamma di esplosione	3100
Calore di esplosione in calorie	1020
Forza in Kg. per mq.	9700
Trauzl cc.	400
Sensibilità alla berta con peso di 2 Kg. cm.	30
Velocità di detonazione m/s a densità 1,4	6200

ESSICCAMENTO DELLE NITROCELLULOSE E DELLE POLVERI DA LANCIO IN GENERE

Il problema dell'essiccamento delle nitrocellulose e delle polveri da lancio in genere, quantunque a prima vista possa sembrare semplice, presenta tuttavia le sue difficoltà e i suoi pericoli.

L'essiccamento all'aria libera, ma mai al sole, si applica solo a casi limitatissimi, e questo sistema più che chiamarsi essiccamento potrebbe chiamarsi sistema di assuefazione degli esplosivi all'aria. Si adopera molto raramente e generalmente soltanto per qualche polvere da caccia. Ad ogni modo è da scartare essendo un pò un'arma a doppio taglio, in quanto occorre che la temperatura e l'umidità dell'aria sia ottima e costante.

Per l'asciugamento vero e proprio della nitrocellulosa, occorrono invece essiccatoi speciali. I più usati attualmente, anche perchè abba-

stanza sicuri, sono quelli così detti a camera (fig. 50). Le camere di essiccamento sono divise in celle che possono essere in muratura con intonaco di cemento liscio e possibilmente verniciato. Il materiale da essiccare viene disposto in vari piani, su telai o in armadi adatti.

Gli essiccatoi a camera devono essere riscaldati ad una temperatura non superiore a 45°. Sul fondo del tunnel in cui passa l'aria calda, occorre che vi siano dei condotti di scarico per raccogliere le acque di lavaggio delle celle. Oltre ai precedenti, vi sono altri tipi di essiccatoi, a canale, a nastro, a tamburo, girevoli, ecc. alcuni dei quali in grado di recuperare i solventi che con l'asciugamento evaporano.

Però per gli esplosivi alla nitrocellulosa o per esplosivi che possono produrre polverino, tali tipi di essiccatoi, sono senz'altro sconsigliabili.

Principali norme di sicurezza per gli essiccatoi a camera - Gli operai che lavorano in tali reparti, devono essere provvisti di scarpe con suola o di gomma o di corda o di tela, ed è bene siano sprovvisti di anelli e di oggetti metallici in genere. Nel reparto deve essere osservata la massima pulizia. Almeno una volta la settimana, il reparto deve essere lavato abbondantemente con getti d'acqua sia nelle celle che nei corridoi adiacenti, dal soffitto alle pareti e al pavimento. Ogni volta che si manovra della polvere, occorre pulire molto accuratamente. E' sconsigliabile mettere degli aspiratori.

I bordi del pavimento è bene siano curvi e non ad angolo retto in modo che non vi si possa depositare esplosivo. La caldaia situata a dovuta distanza, va curata con la massima attenzione e le celle devono essere provviste di termometri esterni col bulbo interno in modo da poter vedere comodamente la temperatura. Molto comodi sono anche i termometri a resistenza che si prestano alla misura a distanza registrando la temperatura su di un rullo.

Le porte di chiusura delle celle è bene che non ruotino neppure su cardini di ottone, che siano di legno leggero trasportabili interamente a mano con semplice movimento di sollevamento. Per la loro chiusura è sufficiente una spranga di legno poggiante su due sostegni di legno a gancio. I sostegni dei telai delle celle devono essere in legno, ben lisce (ogni poco è bene cospargerli di talco o di polvere di sapone), i telai devono avere lo scheletro di legno. La tela va fissata con chiodi o viti di ottone. Su questi va avvitata una striscia di legno in modo che il telaio possa scorrere senza fare troppo attrito sui sostegni. Le teste delle viti o dei chiodi devono essere incassate nel legno e poi ricoperte di stucco. E' bene che i telai non vengano mai fatti scorrere sui sostegni ma soltanto appoggiati, e in modo tale che ogni fila sia sfalsata rispetto alla sottostante per favorire la circolazione dell'aria calda e l'aspirazione dell'aria umida. Tutti i movimenti in tali reparti, devono essere fatti con la massima calma. Man mano che si tolgono i telai da una cella, occorre pulire con una spazzola o con uno straccio o meglio con una spugna umida, i sostegni. L'esplosivo dalle celle non va rimosso se prima non è stata controllata l'umidità nel laboratorio chimico. Per tutte le nitrocellulose l'umidità non deve essere superiore all'1%. Per accelerare l'essiccamento si può ogni tanto cambiare i telai situati nel basso della cella con quelli in alto.

Almeno una volta al mese è bene lavare anche il camino di aspirazione. Nel reparto non vi devono essere fili elettrici di nessun genere e neppure lampade. Qual'ora vi fosse bisogno di luce, è bene che la luce sia proiettata dall'esterno mediante lampade stagne poste davanti alle finestre e rivolte verso l'interno del locale.

Gli accessi agli essiccatoi devono essere comodi e tenuti sempre sgombri.

ANALISI DA ESEGUIRSI SUL COTONE COLLODIO

Umidità - Si pesano gr. 5 di cotone collodio prima e dopo essiccamento in stufa a 85°: si fa quindi la differenza tra le due pesate. L'umidità deve corrispondere, all'arrivo, al 25-30%.

Determinazione dell'Azoto - Si adopera il nitrometro di Lunge di cui ho parlato e si opera nel seguente modo: gr. 0,550 di cotone collodio essi cato almeno per 8 ore a 50-55° si mettono in un pesafiltro tarato e si pongono in stufa a 100° fino a costanza di peso che si raggiunge dopo circa un'ora. Quindi si introducono nel pesafiltro cc. 8 di ac. solforico al 100% e si agita il pesafiltro per facilitare la soluzione. Quando la soluzione è limpida e perfetta viene portata nel nitrometro e si opera come ho già detto nel capitolo dedicato alla miscela solfonitrica.

Solubilità - Gr. 10-15 di collodio secco si estraggono con etere etilico in estrattore Soxlet (fig. 52) riscaldando a bagnomaria a 65-70° fino ad esauri-

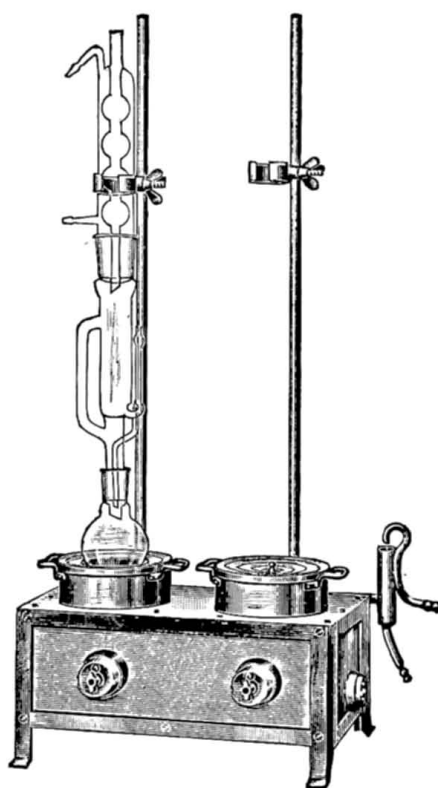



FIG. 52

Estrattore Soxlet.

mento completo che si raggiunge normalmente entro 12 ore. Il matraccio dell'apparecchio verrà seccato e pesato prima della prova: ad estrazione finita si evapora a parte il solvente che si recupera, e si essica il residuo in stufa a 50-60° o meglio in aria calda fino a peso costante.

Ceneri - Gr. 5 di cotone collodio seccato a peso costante, si introducono in una capsula di platino previamente calcinata e tarata. Si versa sopra un po' di paraffina fusa quanto basti ad inumidire il collodio. Si riscalda alla fiamma

fino ad incendiare la miscela. Si allontana la fiamma e si lascia bruciare da sola lentamente sotto una cappa di aspirazione. Quando è finita la combustione, si calcina la capsula, si lascia raffreddare all'aria e poi in essiccatore e si pesa. Si ha così il contenuto delle ceneri che non dovrà superare l'1%.

Alcalinità delle ceneri - Dopo aver determinato le ceneri sulla capsula di platino si aggiungono 10 cc. di HCl N/10. Si porta il contenuto in una bevuta, si lava accuratamente la capsula di platino con acqua distillata e si versa l'acqua distillata nella bevuta. Si fa bollire per 10', si lascia raffreddare e si titola con una soluzione di NaOH N/10. Si ha così per differenza, l'alcanilità delle ceneri, che si esprime come carbonato di calcio.

Saggio di stabilità - Il saggio Abel a 80° sarà eseguito con 1,2 gr. di cotone collodio e si dovrà aggirare sui 18-20'. Per le polveri alla nitrocellulosa però è più indicato il **Saggio Tedesco o di Bergmann Junk** che invece sarà eseguito nel modo seguente: gr. 2,5 di cotone collodio vengono introdotti in tubi da saggio aventi l'altezza di mm. 320, diametro interno mm. 18 in modo che le pareti del tubo stesso non rimangano imbrattate e il cotone collodio da esaminare non occupi più di 5 cm. di altezza. Una striscia di carta al metil violetto di mm. 70 x 20 è posta nel tubo leggermente ripiegata in modo che prema contro le pareti del tubo stesso. Il tubo da saggio è chiuso leggermente con un tappo di sughero attr versato da un foro assiale di 4 mm.

Si immergono i tubi così preparati nelle guaine dentro al bagno ad olio alzando la temperatura a 120°. Il tempo necessario per ottenere la caratteristica colorazione rosso salmone della carta al metil-violetto non deve superare i 30'.

Per vedere il tempo neccessario allo svolgimento dei **vapori nitrosi**, ogni 5' a partire dai primi 20' dopo l'immersione, si solleva con celerità ciascun tubo, fino a vedere la cartina e si abbassa quindi rapidamente.

Lo sviluppo apprezzabile dei prodotti nitrosi, non deve avvenire prima di 45'. Per apprezzare la colorazione giallastra dei vapori nitrosi si confronta con quella di una soluzione tipo contenuta in tubo simile a quelle del saggio e collocato nelle medesime condizioni di luce.

La soluzione tipo viene preparata sciogliendo in acqua distillata gr. 0,375 di bicromato di potassio e gr. 2,5 di solfato di cobalto e portato ad un litro.

Valore in rame - Sono necessarie per queste analisi le seguenti soluzioni:

1) Liquido di Fehling che consta delle due seguenti soluzioni:
   a) Sol. solfato di rame cristallizzato = ($CuSO_4 + 5\ H_2O$) gr. 69, 278 per litro;
   b) Sale di Seignette (tartrato sodico-potassico) = gr. 346 Soluzione soda caustica gr. 100.
2) Soluzione di solfato ferrico acido per acido solforico:
   $Fe_2(SO_4)_3 + H_2SO_4$ che contiene gr. 50 di $Fe_2(SO_4)_3$ e gr. 200 di H_2SO_4 per litro.
3) Soluzione di $KMnO_4$ N/10.

Si spappolano in 200 cc. di acqua gr. 4 di cotone non seccato e si scaldano all'ebollizione in un pallone munito di refrigerante a ricadere e di agitatore a palette di vetro mosse da una turbinetta ad acqua.

Si aggiungono 100 cc. di soluzione bollente di Fehling (formata estemporaneamente dalla mescolanza delle soluzioni in parti uguali), quindi si ribolle per 15'.

L'Ossidulo di Rame (Cu_2O), separatosi dal cotone collodio, viene allora filtrato su cellulosa Schleicher al filtro di Buchner, o meglio su imbuto a setto di vetro poroso, senza carta, e più volte lavato a parte in beker con acqua calda che sarà stata quindi passata sul filtro stesso. Il lavaggio verrà effettuato con lenta aspirazione alla pompa.

Si vuota quindi la bevuta aspirante dalle acque di lavaggio; si pulisce con

acqua distillata, vi si sovrappone di nuovo il filtro col cotone, e l'Cu_2O viene digerito con 100 cc. della soluzione fredda di solfato ferrico di cui sopra.

Bisogna accertarsi che il $Fe_2(SO_4)_3$ non riduca il permanganato aggiungendovi qualche goccia di $KMnO_4$ N/10 e osservando se il colore rosso vinoso del permanganato permane; in caso contrario si aggiunga $KMnO_4$ fino a colorazoione rossa persistente. Allora la soluzione di solfato ferrico è pronta per l'uso.

L'ossidulo di rame rosso diventa dapprima bleu (bleu visibile nei casi di cotone ad alto indice di Cu) con la soluzione di $Fe_2(SO_4)_3$ e dà, infine, una soluzione verde chiaro che si raccoglie nella bevuta mediante leggera aspirazione. Quando tutto l'Cu_2O è disciolto il che si vede dalla scomparsa delle macchie nere e bleu, la soluzione è completa.

Quindi si lava il matraccio del solfato ferrico e il cotone più volte con acqua distillata che viene pure succhiata per aspirazione. La soluzione raccolta nella bevuta viene allora titolata subito con $KMnO_4$ N/10 lasciandola scolare da una buretta fino a colorazione rossa persistente:

1 cc. di $KMnO_4$ N/10 titola gr. 0,00559 Fe e 0,00636 Cu.

Si applica quindi la seguente formula:

$$x = \frac{0{,}00636 \,.\, 100 \,.\, N}{f}$$

in cui:
x = indice di rame;
N = cc. di $KMnO_4$ N/10 consumati nella titolazione;
f = peso del cotone riferito al secco.

E' necessario condurre nello stesso matraccio una prova in bianco, il cui risultato verrà detratto dai valori trovati.

Viscosità - Oltre al contenuto in Azoto, ha una grande importanza per la tecnica, la viscosità del prodotto di nitrazione, proprietà che influisce notevolmente sulla possibilità di lavorazione delle paste, sia per le polveri infumi, che per le gelatine esplosive.

Il cotone umido per le gelatine esplosive deve essere sempre di colore scuro che, essiccato, si chiarifica diventando quasi bianco. Si è trovato che per una stessa qualità di nitrocellulosa la viscosità cresce con l'aumentare del contenuto in azoto, come può desumersi dai seguenti dati fornitici da Pascal.

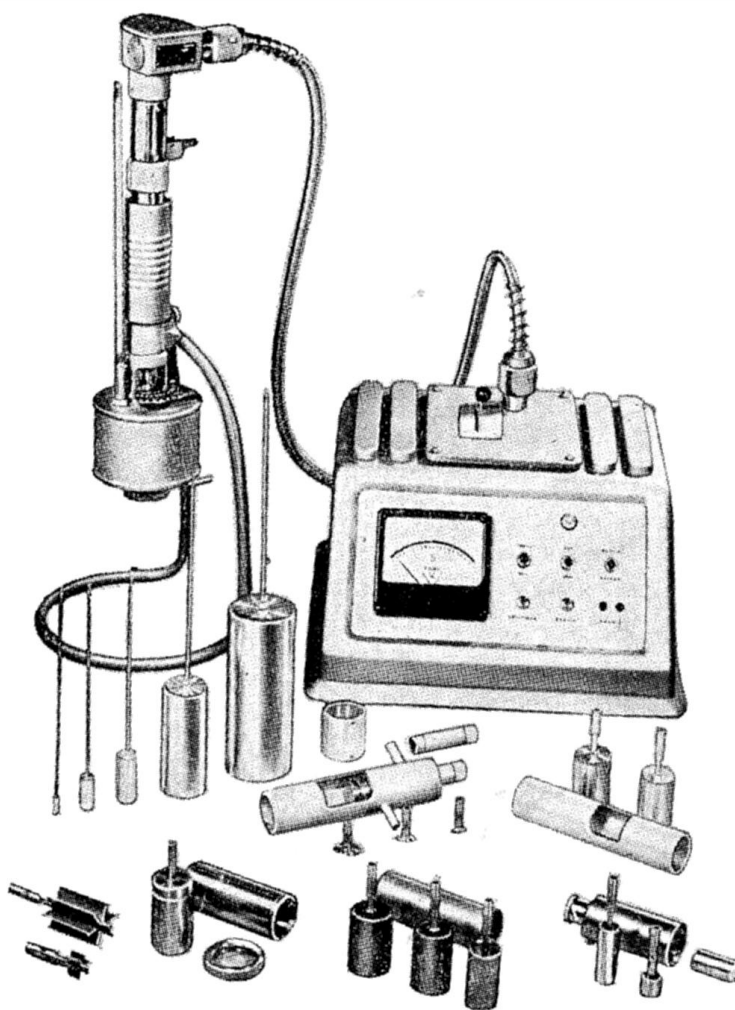
% di N	Viscosità in secondi
10,41	1,800
12,48	16,200
15,02	18,600
13,50	322,500

Questi dati che si riferiscono a nitrocellulose non stabilizzate, ma solo lavate, non corrispondono a quelle delle nitrocellulose ordinarie, poichè, durante la purificazione e stabilizzazione, la viscosità del prodotto diminuisce.

Tra temperatura di nitrazione e viscosità del prodotto nitrato c'è una stretta relazione e cioè, facendo venire la nitrazione a temperatura più elevata, la viscosità diminuisce.

In commercio esistono appositi viscosimetri di cui uno è rappresentato in fig. 53. Ottima prova da farsi in laboratorio a proposito della viscosità è quella di vedere il tempo impiegato per impastare 100 gr. di gomma.

FIG. 53

Viscosimetro elettrico.

POLVERI SENZA FUMO

Le polveri senza fumo sono così impropriamente chiamate perchè fanno poco fumo. Come carica di lancio, esse hanno completamente soppiantato la polvere nera. Sono poco sensibili agli urti e agli sfregamenti e si accendono a 170-180°.

Sono ad ossidazione incompleta ed impiegate solo eccezionalmente per esplosivi da mina.

Sviluppano vapori gassosi e non lasciano residuo solido. Alla denominazione di polveri senza fumo, si tende ora a sostituire quella *di polveri colloidali,* o, secondo altri, *di polveri di lancio,* tenendo presente lo stato particolare nel quale si trovano i componenti principali, che è quello colloidale per la prima denominazione, e lo scopo per il quale sono fabbricate, per la seconda.

L'origine delle polveri colloidali risale al 1884 quando Vieille con-

statò la possibilità, gelatinizzando la nitrocellulosa con opportuni solventi, di trasformare *la potenza frantumante* di essa in *propulsiva,* per cui, dal nome del Generale Boulanger, nacque in Francia la Polvere B, il cui segreto fu mantenuto diversi anni.Contemporaneamente però von Duttenhofer preparò una polvere senza fumo gelatinizzando etere acetico con nitrocellulosa ottenuta dalla cellulosa del legno. Nel 1888 Nobel scopriva la balistite che ottenne gelatinizzando nitroglicerina con cotone collodio.

Senza dilungarmi più a lungo su tale argomento, passerò subito a parlare dei loro vantaggi, rispetto alla polvere nera, e cioè: fabbricazione meno pericolosa, possibilità di essere ridotte mediante apposite calandre o trafile o taglierine in grani regolari ed omogenei, potere propellente più elevato, minore igroscopicità, rinculo meno brusco della bocca da fuoco e produzione di poco fumo.

Esse hanno anche alcuni svantaggi, non tali però da contrabilanciare i vantaggi sopra elencati, e cioè:

a) prezzo più elevato;

b) durezza di infiammazione per cui richiedono una carichetta o petardo di polvere nera o di esplosivo primario;

c) presenza del fenomeno del trasudamento e congelamento della nitroglicerina (in quelle naturalmente che la contengono);

d) pressione più elevata e maggior potere erosivo.

Esse si possono distinguere in tre gruppi e cioè:

A) A solvente volatile;

B) A solvente fisso;

C) A solvente misto.

NITROCELLULOSE A SOLVENTE VOLATILE

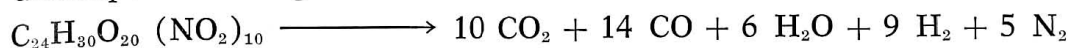
Il loro allestimento come vedremo, è piuttosto lungo e laborioso e, specialmente per le grosse graniture, occorre un lungo essiccamento, durante il quale i grani si ritirano non sempre in modo uniforme per cui gli scarti di fabbricazione sono molti facendo quindi aumentare il prezzo.

Si possono distinguere in:

Polveri a gelatinizzazione soltanto parziale se contengono nitrocellulosa costituita da un miscuglio di *cotone collodio e fulmicotone.*

Polveri completamente gelatinizzate se contengono solo *pirocollodio* che, come abbiamo visto, si scioglie completamente in tutti i solventi compreso l'alcool-etere, e che è decanitrocellulosa contenente il 12,5-

12,7% di Azoto (diagramma n. 7), avente la formula e l'equazione di decomposizione seguente:

$$C_{24}H_{30}O_{20}(NO_2)_{10} \longrightarrow 10\ CO_2 + 14\ CO + 6\ H_2O + 9\ H_2 + 5\ N_2$$

Le polveri a gelatinizzazione parziale hanno sempre minore stabilità chimica delle seconde, per cui, dopo lunghi studi, si è pensato di aggiungervi difenilammina. Hanno odore caratteristico dovuto a tracce di solvente (miscela alcool-etere) che ancora trattengono dopo l'essic-

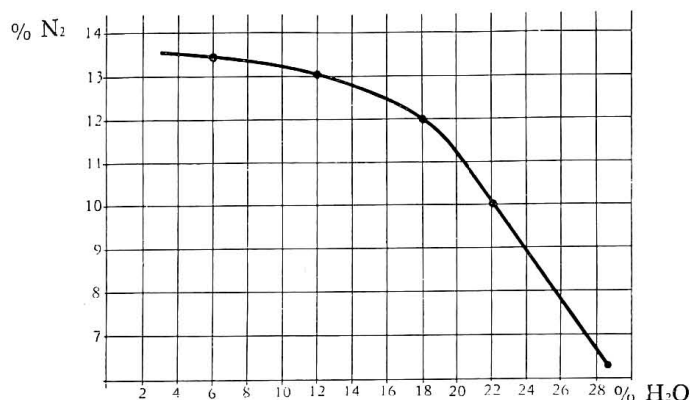



DIAGRAMMA 7

% azoto nella nitrocellulosa prodotta in funzione % H_2O nella miscela nitrante. (Lange I. Amer. Chem. Soc. 1901).

camento. Dati i loro svantaggi, specialmente quello della scarsa stabilità chimica e l'altro della deficiente stabilità balistica dovuta quest'ultima a perdite a temperatura ordinaria di parte delle tracce di solvente, non sono molto consigliabili.

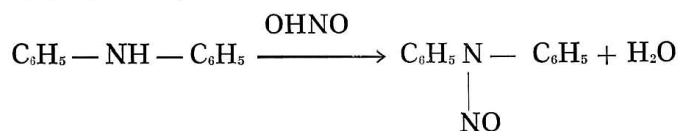
Esse però convengono specialmente in tempo di guerra in cui occorre economizzare glicerina e in cui vengono subito impiegate; in tempo di pace possono convenire per le armi a ritmo di tiro molto accelerato quali le mitragliatrici.

Ecco le principali polveri di questo tipo.

Polveri parzialmente gelatinizzate.

Polvere B francese formata da bi e trinitrocelluosa 99,5% e difenilammina 0,5%. **La fabbricazione avviene nel seguente modo:**

Si fanno essiccare accuratamente le nitrocellulose che vengono poi impastate in impastatrici coperte con la miscela alcool-etere contenente circa il 45% di alcool etilico che ha la proprietà di gelatinizzare il cotone collodio, il quale a sua volta, esercita azione peptonizzante verso il fulmicotone, e la difenilammina che, assorbendo una notevole quantità di vapori nitrosi, forma prima la **nitroso-difenilammina** secondo il seguente schema:

$$C_6H_5 - NH - C_6H_5 \xrightarrow{OHNO} C_6H_5\underset{\displaystyle |\atop NO}{N} - C_6H_5 + H_2O$$

che, a questo stato è ancora un ottimo stabilizzante; poi la **nitrodifenilnitro-**

soammina e le **nitrodifenilammine.** Quando infine si forma la trinitrodifenilammina la polvere non è più stabile in quanto questa ha carattere acido favorendo la decomposizione della polvere.

Riprendendo a parlare della fabbricazione, la massa plastica viene quindi trafilata o tagliata in strisce ed essiccata.

Assomiglia alle lasagne di spessore di 0,5 mm. e di 1 mm. per il tipo G.5. Ha color giallo chiaro che, col tempo, a causa della difenilammina, per le ragioni sopra scritte, può diventare prima di color verde sporco (dovuto alla colorazione bleu dei primi prodotti di reazione) e infine arancio-rossastro (dovuto alla colorazione rossa dei polinitroderivati della difenilammina). Quest'ultimo colore però denota il consumo totale dello stabilizzatore per cui la polvere può essere pericolosa. Brucia con fiamma caratteristica verdastra senza svolgimento di fumo e senza lasciare residuo apprezzabile tanto da venire adoperata anche per fare polveri da caccia.

Ha un peso specifico di 1,5; una temperatura di esplosione di 2300°; un Volume gas di esplosione di 954; un calore di esplosione in Cal. di 924; e un titolo d'Azoto di 12,8%. E' stato molto usata in Francia come carica di lancio per varie bocche da fuoco.

Faccio notare che prima dell'aggiunta della difenilammina, le Polveri B avevano dato luogo a gravi disgrazie anche su due navi da guerra: la « Jena » nel 1907 e la « Liberté » nel 1911, in quanto avevano poca stabilità e quindi si decomponevano facilmente causando incendi ed esplosioni.

Polvere per mitragliatrice FIAT mod. 35 e cal. 8 formata da b. e trinitrocellulosa 97%, centralite 2%, difenilammina 1% e tracce di grafite. Ha fabbricazione analoga alla precedente, ha le stesse proprietà, è leggermente grafitata e granita in tubetti $\frac{0,75}{0,1}$ x 2,2. E' più progressiva della precedente a causa dell'aggiunta della centralite. E' impiegata per mitragliatrice. N = 12,8%.

Polveri completamente gelatinizzate - Sono polveri in cui sono impiegati come solventi oltre all'alcool-etere, anche etere acetico, acetato d'amile, acetone che solubilizzano anche il fulmicotone e permettono, essendo tali solventi meno volatili dell'alcool, la trafilazione.

Polvere americana a 7 fori detta negli U.S.A. American Pirocollodion Powder - Essa è formata dal 99% di pirocollodione e l'1% di difenilammina. E' del tipo della polvere B con la differenza che è granita in tubetti del diametro di 4 mm. per 9 di altezza, attraversati da 7 forellini longitudinali di mm. 2 di diametro. Ha proprietà identiche alla polvere B con la differenza che ha temperatura d'infiammazione un po' superiore. Fu impiegata in alcune bocche da fuoco. Le cariche, per bruciare completamente, hanno bisogno di un petardo di scoppio di polvere nera cucito in fondo al sacchetto contenente la carica. Alcuni tipi di 7 fori contengono anche il 10% di binitrotoluene.

Polvere Dupont - Ha la stessa formula e le stesse proprietà della precedente, soltanto che è granita in tubetti di mm. 1,45 di diametro esterno e di mm. 12 di altezza. Il foro interno è molto piccolo. Fu impiegata in guerra in sostituzione della balistite anche in piastrelle 1 x 10 x 10.

Sono nitrocellulose contenenti cotone collodio a titolo d'Azoto più o meno elevato e uno o più solventi fissi, fra i quali non manca mai la nitroglicerina. Rispetto alle polveri a solvente volatile o misto, presentano il vantaggio di essere a fabbricazione più semplice, più rapida, più economica essendo tutte laminate e non trafilate e non richiedendo alcun essiccamento, inoltre hanno una costanza balistica superiore. Sono tutte completamente gelatinizzate, e poco o nulla igroscopiche.

Le principali polveri a solvente fisso sono le seguenti:

Balistite ordinaria - E' formata dal 50% di cotone collodio e 50% di nitroglicerina. Si prepara impastando la nitroglicerina con cotone collodio in presenza di acqua. La miscela, ovvero la così detta **galletta**, viene privata mediante

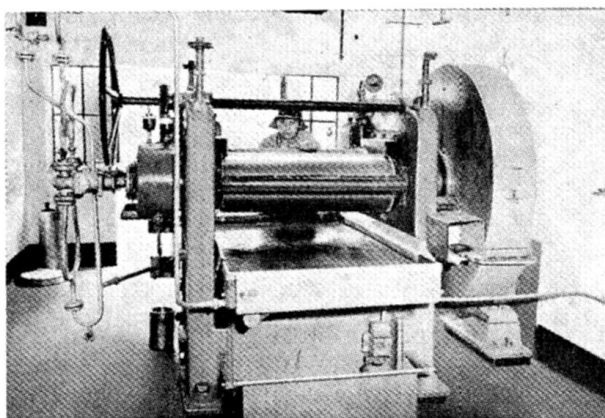



FIG. 54

Calandra per esplosivi.

centrifugazione, della maggior parte di acqua e poi ridotta in forma di fogli sotto speciali laminatoi dette **calandre** (fig. 54) a cilindri riscaldati a circa 90°. Tale lavorazione molto interessante verrà descritta poco più avanti. Dai fogli di balistite, che essendo passati attraverso le calandre non contengono ormai più acqua, si ottengono con opportune tagliatrici, strisce, placche, fili, piastrelle, grani, ecc. Densità = 1,64; Temperatura 3500°; calore di esplosione = 1350 Kcal/Kg.

Balistite a basso titolo - Ha il 42% di nitroglicerina. La fabbricazione è uguale alla precedente ,ma la polvere è granita in piastrelle 3,5 x 35 x 35 e in grani, per cui è denominata anche polverino per balistiti che si adopera per carica di rinforzo dei detonatori per bocche da fuoco. Non si distingue dalla prima se non con l'analisi chimica. E' meno erosiva della precedente a causa del minor contenuto di nitroglicerina. Calore di esplosione 1250 Kcal/Kg. per cannoni a tiro rapido. Calore di esplosione da 860 a 960 Kcal/Kg.

Ve ne è una al 36% di Ngl per obici e mortai con erosività e vivacità media e con calore di esplosione di 1100 Kcal/Kg.

Balistite attenuata - E' composta di pirocollodio 60%, nitroglicerina 25%, binitrotoluene 15%. Il binitrotoluene si aggiunge fuso nella fabbricazione della galletta, dopo l'abbassamento di temperatura si versa la nitroglicerina.

E' in strisce 1 x 10 x 210 e in fili 2,5 x 2,5 x 365. Ha aspetto identico alla precedente. **Il binitrotoluene serve da raffreddante e da gelatinizzante** impartendo alla polvere un colore giallastro e un odore caratteristico di mandorle amare. Ha temperatura inferiore alla precedente e permette un numero di colpi decuplo, a pari erosione, della balistite ordinaria. Ha servito per bocche da fuoco contraeree. **La sua temperatura d'accensione è di 174°. Temperatura d'esplosione 1020 Kal, temperatura gas 20° e 760 mm., l.t. 909.**

Polvere N.A.C. - E' composta di cotone collodio 60%, acetilcellulosa 10%, nitroglicerina 25%, centralite 5%. Invece che col solo cotone collodio la galletta si allestisce con un miscuglio di cotone collodio e acetilcellulosa. E' poco erosiva. Calore di esplosione 860-960 Kcal/Kg.

Polvere F.C. a 860 e 960 calorie, composte rispettivamente di nitroglicerina 28-32%; nitrocellulosa 64 e 62,5%; ftalide 4 e 3,5%; centralite 3 e 1,5%; vaselina 1 e 0,5%.

Polvere F.B. a 860 e 960 calorie composte rispettivamente di nitroglicerina 31%; nitrocellulosa 58 e 61%; ftalato di butile 9 e 6%; centralite 2%. Adatte per cannoni a tiro rapido.

FABBRICAZIONE DELLE POLVERI A SOLVENTE FISSO

Data l'importanza anche attuale di tali polveri, farò un breve cenno circa la loro fabbricazione che si svolge nel seguente modo:

Imbibizione - Tale operazione si fa sott'acqua a 40° in tini di legno o di piombo aggiungendo all'acqua in agitazione il cotone collodio setacciato e umido; continuando l'agitazione, si addiziona, versando su un piatto forato, a poco a poco, la nitroglicerina che si amalgama col cotone formando una pasta più o meno omogenea. La temperatura, durante l'operazione, si mantiene sui 25-30° aggiungendo acqua calda e fredda. Se si tratta di polveri a basso tenore di nitroglicerina con sostanze aggiuntive, queste possono preventivamente sciogliersi nella nitroglicerina se solubile in essa (ftalide, ftalato di butile, ecc.) oppure si aggiungono setacciate (centralite) o emulsionate con acqua calda (vaselina) prima o dopo l'immissione della nitroglicerina. Si fa procedere l'agitazione ancora per 15-20' per ottenere una perfetta omogeneizzazione: quindi si scarica il tino attraverso una valvola di fondo.

Stagionatura - La galletta proveniente dall'imbibizione viene scaricata, insieme all'acqua dei tini, in vasche di cemento e quivi lasciata da 6 a 7 giorni. La temperatura delle vasche che portano sul fondo dei filtri per l'acqua in eccesso, viene mantenuta a 20-25°.

Idroestrazione - Dopo la stagionatura, prima di passare alla laminazione, la galletta viene centrifugata in apposite centrifughe (vedi fig. 57), in modo di portare il contenuto in acqua al 25-30%. Quindi viene disgregata a mano o a macchina.

Laminazione - E 'l'operazione fondamentale e caratteristica di que-

sto tipo di lavorazione, con la quale si ottiene la completa gelatinizzazione della nitrocellulosa da parte della nitroglicerina ed eventualmente, per mezzo delle altre sostanze plastificanti, con l'azione concomitante del calore e della pressione.

Viene eseguita in speciali box senza porte (di fronte ai quali sono delle vasche d'acqua), mediante laminatoi dette calandre (fig. 54) i cui cilindri, internamente cavi, sono riscaldati mediante acqua calda o vapore a 80-90°. La distanza dei cilindri può essere regolata a mezzo di apposito volantino fino al decimo di mm.

Molto spesso l'esplosivo che è sottoposto ad un notevole cimento termico e ad una notevole pressione, determina la rapida decomposizione della polvere prendendo fuoco. Su ogni calandra quindi esiste un annegamento automatico, il quale generalmente consiste in pezzettini di balistite legati per i due capi, mediante una cordicella in comunicazione con una molla e un rubinetto. Quando l'esplosivo sotto i rulli della calandra s'incendia, bruciano immediatamente anche i pezzettini di balistite. A questo punto naturalmente si sgancia lo spago il quale, a sua volta, apre il rubinetto facendo cadere una pioggia d'acqua sulla calandra e sull'esplosivo. L'operaio è provvisto di guanti e di un apposito cappuccio di amianto o cotone ignifugato ad alto colletto che gli difende la faccia, il petto e la schiena. Quando l'esplosivo s'incendia, l'operaio non fa che girarsi e in caso di necessità, può gettarsi nella vasca d'acqua. Tale lavorazione è molto pesante, oltre che per il calore, anche per le esalazioni della nitroglicerina; il pericolo, se l'operaio è ben difeso, è relativo.

La laminazione avviene in due o tre fasi.

Nella prima fase, la galletta perde quasi completamente l'acqua e va assumendo la forma di una placca il cui colore dapprima biancastro, diventa in seguito ambrato per l'iniziarsi della gelatinizzazione. L'operazione viene arrestata quando, a occhio, si può capire che la gelatinizzazione è quasi completa. La operazione dura circa 10' per ogni 5-10 Kg. di galletta.

Le placche a questo punto, sono sottoposte ad una verifica oculare su appositi tavoli, muniti di lastre smerigliate di vetro illuminate internamente, allo scopo di eliminare, mediante raschietti, eventuali sostanze estranee. Quindi vengono fatte stagionare 24 ore.

Si passa poi alla seconda laminazione, però, generalmente, prima si ammorbidiscono le placche in un bagno d'acqua a 60-80°. Questa seconda laminazione ha lo scopo di completare la gelatinizzazione della polvere e portarla allo spessore definitivo. In questa fase vengono aggiunti i ritagli e gli scarti delle precedenti lavorazioni che però devono essere prima riscaldati a bagno maria.

Per le polveri a spessore molto sottile si fa una terza laminazione.

Taglio - Verificato lo spessore delle placche, si squadrano formando delle pile e quindi generalmente si mettono in cassoni riscaldati a 60° allo scopo di ammorbidirle. Il taglio delle strisce si compie con macchine tagliatrici tipo Krause nelle quali un piano orizzontale avanza automaticamente verso un coltello che agisce in piano verticale, e qualora si voglia tagliare in piastrelle, si volta la pila di 90°. Per le graniture sottili, il taglio avviene in macchine del tipo delle tabacchiere, in cui le placche disposte in piano caricatore vengono fatte avanzare da due cilindri rotanti in senso opposto verso un coltello a moto alterno, che li riduce in fili dai quali si ottengono, mediante successivi tagli, i grani.

Arieggiamento - Dopo il taglio, la polvere viene asciugata su adatti telai in locali mantenuti a circa 20°. Questo arieggiamento o stagionatura serve principalmente per stabilizzare l'esplosivo. La sua durata non è mai inferiore ai cinque giorni.

Scelta - Dopo arieggiamento, la polvere, se non è di granitura minuta, si sottopone alla scelta a mano per controllarne le dimensioni.

Setacciamento e grafitazione - Per graniture minute, si sottopone la polvere a setacciamento mediante setacci meccanici. Di solito tali piccole graniture vengono grafitate in botti rotanti. Dopo la grafitazione la polvere si arieggia ancora.

Miscuglio - Le varie produzioni vengono mescolate allo scopo di renderle omogenee per la costituzione dei lotti o partite che poi vengono collaudate.

Il metodo tedesco per tale lavorazione, è diverso dal nostro italiano soltanto per il fatto che, dopo la laminazione che si fa come da noi, la polvere tagliata ed arrotolata viene passata ad una pressa di trafilazione ad alta pressione (400-600 atm.) nella trafila riscaldata a circa 80°. Le presse, per misura di sicurezza, sono in camere blindate. Per facilitare la trafilazione occorre lasciare, alla fine della laminazione, la polvere con un'umidità del 4-5%. I tedeschi addottano lo stesso sistema anche per le polveri al nitrodiglicol.

COMPOSIZIONI DI POLVERI DI LANCIO A SOLVENTE FISSO

POLVERI F.C.

	FC. 2 %	FC. 3 %	FC. 4 %
Nitroglicerina	36,5	32	20
Nitrocellulosa	58	63	64
Ftalide	3	3,5	5
Centralite	2	1,5	2
Vaselina	0,5	0,5	1

POLVERI F.B. 1

	1 Tipo %	2 Tipo %	3 Tipo (per 149/19) %
Nitroglicerina	32	31	34
Nitrocellulosa	57	61	62
Ftalato di butile	9	5,5	2
Centralite	2	2,5	2

POLVERI NAC

	Per 149/40 %	Per 76/45-90/53 %
Nitroglicerina	32	27
Nitroacetilcellulosa	63	66
Centralite	4	7
Difenilamina	0,9	0,9
Grafite	0,1	0,1

POLVERI AL NITRODIGLICOL

	A 860 cal. %	A 730 cal. %
Nitrodiglicol	68	27
Nitroacetil cellulosa	30	63,6
Acetilcellulosa	—	5
Centralite	2	4,5

FORME DIVERSE DI BALISTITI E POLVERI DI LANCIO

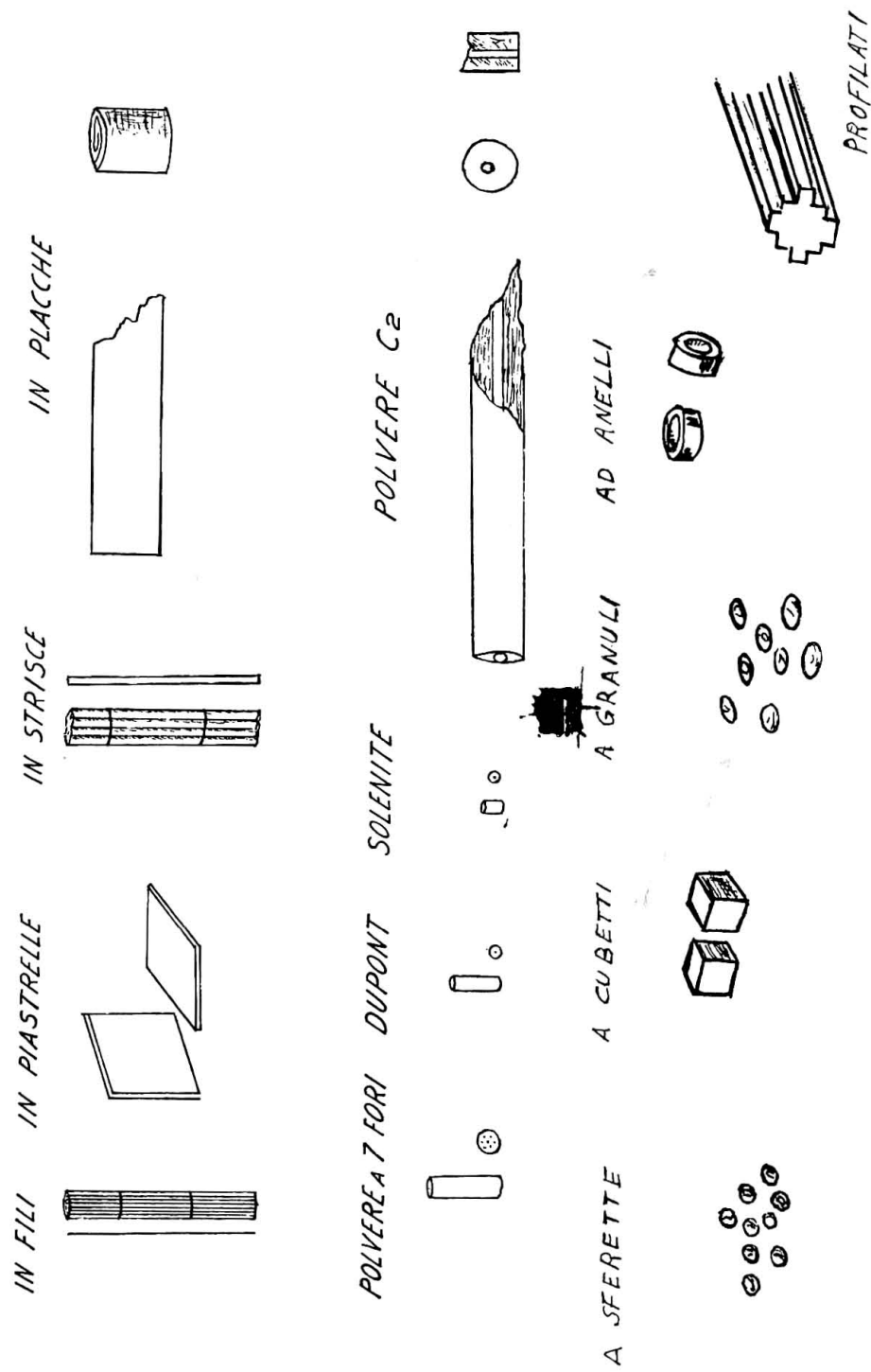



FIG. 55

POLVERI AL NITROMETRIOLO

	M 4 %	M6 %	M8 %
Nitrometriolo	55,5	57,5	59
Nitrocellulosa	40	36	33
Acetilmetriolo	2,5	4,5	5,9
Centralite	2	2	2,5

CORDITE MD

	%
Fulmicotone	65
Nitroglicerina	30
Vaselina	5

POLVERE C_2

	%
Nitroglicerina	23,5
Nitrocellulosa	70,5
Vaselina	5
Bicarbonato Na	1

BALISTITI ATTENUATE

Polveri dello stabilimento di Avigliana

	CG 13 %	CG 14 %
Nitroglicerina	25	25
Nitrocelluosa	60	60
Dinitrotoluene solido	15	10
Centralite	—	5

POLVERE TEDESCA

	%
Nitroglicerina	40
Nitrocellulosa	61
Tritolo e dinitrotoluolo	18
Centralite	0,3
Umidità	0,7

POLVERE NORVEGESE

	%
Nitroglicerina	40
Nitrocellulosa	49
Vaselina	5,5
Nitronaftalina	5
Umidità	0,5

POLVERI AL TRINITROANISOLO - STABILITE

	Ia %	IIa %
Trinitroanisolo	40	34
Nitrocellulosa	60	60
Nitroglicerina	—	5
Umidità	—	1

POLVERI AMERICANE PER ARTIGLIERIA

	Tipo NH non igroscopiche %	Tipo FNH non igroscopiche e senza fiamma %
Nitrocellulosa	87	85
Binitrotoluene	10	10
Butilftalato	3	5
Difenilammina	1	1

VIVACI PER MORTAI

	Tipo Smokeless %	Tipo neonite %
Nitrocellulosa	76	83
Nitrati	12	10
Nitrocomposti	7	—
Vaselina	3	6
Acqua	1,7	1,5
	Granitura sferoidale granulare	Granitura piastrelline grafitate

Come mostra la tabella seguente, al variare del numero dei gruppi OH sostituiti dai ONO_2 variano pure le caratteristiche e gli impieghi delle nitrocellulose.

TABELLA 31

Titolo Azoto	Denominazione corrente	Solubile	Uso
meno di 11,2%		in alcool etilico	celluloide, ecc.
11,2-12,3%	Cotone collodio	in alcool - etere, acetato di etile	polveri di lancio, dinamiti
12,3-12,6%	Pirocollodio	in alcool-etere	polveri di lancio
13-13,4%	Fulmicotone	in acetone soltanto	esplosivo di scoppio
14-16%	Dodecanitrocell.	instabile	

NITROCELLULOSE A SOLVENTE MISTO

Hanno gli stessi difetti di fabbricazione di quelle a solvente fisso, ed alcune volte più accentuati, poichè, per es. per l'essiccamento di grosse graniture di polvere C_2 occorrono alcuni mesi. Sono più igro-

scopiche di quelle a solvente fisso e dotate di minor costanza balistica. Contengono nitroglicerina e fulmicotone o un miscuglio di cotone collodio e fulmicotone. Contengono inoltre un raffreddante che agisce anche da stabilizzante costituito o da vaselina o da olio minerale. Sono completamente gelatinizzate e la gelatinizzazione del fulmicotone si ottiene con l'acetone.

Le principali di queste polveri sono le seguenti:

Cordite inglese - E' formata da fulmicotone 65%, nitroglicerina 30%, vaselina 5%. E' preparata in modo analogo alla balistite e alla polvere B con la differenza che, invece della miscela alcool-etere, si adopera l'acetone. La vaselina viene aggiunta nell'impastatrice; è granita in bacchette e tubi. Ha consistenza cornea, è translucida, di colore avana scuro. E' rugosa, simile ad una corda, da cui il nome; brucia con fiamma gialla, senza fumo e senza residuo. Riscaldata rammollisce e trasuda vaselina, è poco erosiva ed ha densità 1,5.

Polvere C_2 - Formata di pirocollodio e fulmicotone 71%, nitroglicerina 23, Vaselina 5%, bicarbonato di sodio 1%. Si prepara in modo analogo alla cordite inglese; il bicarbonato va aggiunto nell'impastatrice. E' granita in bacchette e tubi. E' liscia. Si adopera per i cannoni della Marina e in quelli contraerei di grosso calibro. Titolo d'Azoto 13,2%; calore d'esplosione 960 Kcal/Kg; temperatura esplosione 2700°.

Solenite ordinaria - Composta di pirocollodio e fulmicotone 61%; nitroglicerina 36%; olio minerale 3%. Si prepara come la polvere C_2, sostituendo alla vaselina l'olio minerale. E' granita in tubetti $\frac{2}{0,7} \times 2$; è di color avana fulvo, riscaldata rammollisce, ma l'olio minerale non trasuda. Ha una temperatura d'esplosione di 2600° ed è poco erosiva. Era impiegata nelle cartucce per fucile mod« 91. Titolo d'Azoto = 12,7%; calore d'esplosione 1150 Kcal/Kg; Densità 1,6.

Solenite per Mannlicher - E' uguale alla precedente, ma della seguente granitura e in tubetti: $\frac{1,8}{0,9} \times 2$. Era in distribuzione ad alcuni nostri corpi coloniali.

Osservazioni - Non si può negare che la sostituzione della polvere nera con le polveri senza fumo fu un grande successo, poichè oltre al non offuscare l'atmosfera durante i tiri di artiglieria, non permettono al nemico di rivelare il bersaglio e di precisare la posizione delle batterie. Malgrado questo, di notte era ancora possibile individuare la posizione dei cannoni, in quanto, all'uscita del proiettile dalla bocca, i gas caldissimi propulsivi dell'esplosione, si spandevano all'intorno producendo fiamme, come lampi, lunghe anche fino ad un metro. Si pensò così, ancora poco prima della guerra 1915-1918, in Germania, di eliminare tali fiammate, abbassando la temperatura di quei gas mediante l'aggiunta all'esplosivo, di alcune sostanze e principalmente di *difenilammina, difenildimetilurea, bicarbonato, ecc.* Ed in parte tali prove riuscirono; infatti i Tedeschi, nella prima guerra mondiale, spararono indisturbati su Dunkerque e su Parigi senza mai essere stati scoperti. Nella seconda guerra mondiale le cose furono ancora più perfezionate adoperando sostituti della nitroglicerina già citati, aggiunti ad altri che avevano la prerogativa di abbassare in modo notevole la

temperatura dei gas, quali il nitrometriolo e il nitroglicol dei quali si è già parlato.

Nell'ultima guerra ebbero molto successo anche gli *esplosivi alleati* della serie M_1 - M_2 - M_3 - M_4 - M_5 - M_6 - M_3 - M_9 fino all'M_{17} formati da nitrocellulose e balistiti composti da nitrocellulosa, nitroglicerina, dinitrotoluene, dibutilftalato, difenilammina, solfato di potassio, nitroguanidina, nitrato di bario, nitrato di potassio, tritolo, triacetina, stagno, dietilftalato, grafite con temperature della fiamma varianti fra 2400° e 3300°.

ANALISI SULLE POLVERI DI LANCIO

Premetto che tutte le polveri di lancio, prima di essere analizzate, vanno ridotte in pezzettini o meglio grattugiate sempre bagnate o in acqua.

Sulle polveri alla nitrocellulosa l'analisi si esegue estraendo con etere in apparecchio Soxhlet la centralite e la difenilammina (vedi fig. 52). Il residuo è costituito dalla nitrocellulosa più la grafite. Sull'estratto etereo si può dosare la difenilammina sotto forma di tetrabromodifenilammina. Per differenza si ha la centralite.

Per le balistiti si esegue l'estrazione con etere in Soxhlet e si pesa il residuo (nitrocellulosa); si ha per differenza la nitroglicerina.

Per le polveri tipo C_2 e solenite, nell'estratto etereo è presente anche l'olio minerale e la vaselina, mentre insieme alla nitrocellulosa, resta anche il bicarbonato, che si separa dalla nitrocellulosa estraendolo, con acqua bollita fino a portarlo in soluzione e titolando con H_2SO_4 N/10. La determinazione dell'olio e della vaselina si fa a parte saponificando la polvere con soluzione di NaOH in modo da distruggere la nitroglicerina ed estraendo etere; il residuo, dopo evaporato l'etere, è costituito dall'olio minerale e dalla vaselina.

Nelle balistiti attenuate contenenti binitrotoluene o altro nitroderivato aromatico, si procede alla determinazione diretta della nitrocellulosa e del nitroderivato aromatico, la prima per estrazione in apparecchio Soxhlet, il secondo per saponificazione con acido solforico al 20% invece che con alcali, che attaccherebbero più o meno il nitrocomposto aromatico.

Per le polveri contenenti centralite si opera come per la vaselina della C_2. Trattando l'estratto con una goccia di ac. solforico si ha colorazione rosso ciliegia.

Per le polveri contenenti difeniluretano occorre idrolizzare la nitroglicerina con una soluzione alcoolica di NaOH, estrarre con etere, evaporare il solvente e trattare il residuo a bagno maria con HNO_3 conc. aggiungendo un eccesso di NaOH e alcool. Si ha colorazione rosso vino.

Per le polveri contenenti difenilammina si evapora una parte dell'estratto, si riprende con acqua e alcool e si fa gorgogliare cloro, si avrà colorazione violetta.

Con le polveri al nitrodiglicole, poichè la saponificazione non può essere effettuata direttamente sulla polvere, essendo il nitrodiglicole molto più resistente della nitroglicerina, si ricorre alla saponificazione dell'estratto etereo con ac. solforico e solfato ferroso.

Altre sostanze eventualmente presenti (ftalato di butile, ftalide, ecc.) insieme

alla centralite nell'estratto etereo, si separano e si dosano con metodi vari, sui quali non ritengo opportuno entrare in dettagli.

In generale sulla nitrocellulosa estratta si determina il titolo d'azoto col metodo di Lunge già descritto e la parte insolubile della miscela alcool-etere 1-2.

DETERMINAZIONE DELLE SOSTANZE VOLATILI E DELL'UMIDITA'. Un peso determinato di polvere si mantiene a temperatura costante (65°) fino a costanza di peso.

Per le balistiti si determinano preferibilmente essiccando, fino a peso costante, su cloruro di calcio e nel vuoto, per evitare perdita di nitroglicerina per volatilità.

Le ceneri si ottengono trattando le polveri con ac. nitrico, portando a secco e calcinando. Generalmente per tale analisi si opera su 10 gr.

MACINAZIONE DELLE POLVERI DI LANCIO

La macinazione di tali esplosivi veniva fatta o per mescolarli agli esplosivi da mina o per fare dei veri e propri esplosivi da mina. Essi generalmente servivano per cave di marmo, ardesia o per pietre pregiate in sostituzione della polvere nera, essendo progressivi e quindi non frantumanti.

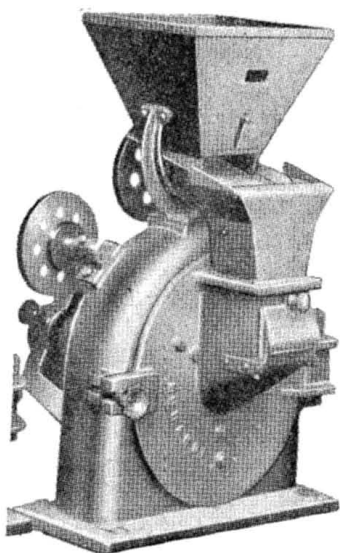



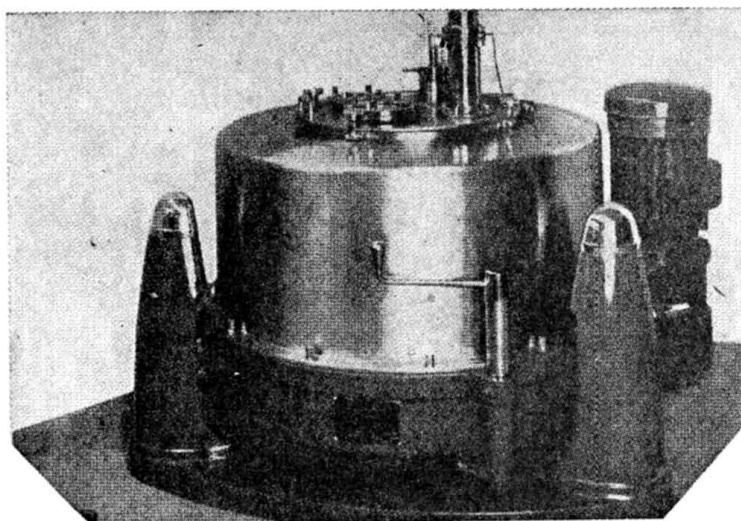
FIG. 56

Mulino per macinazione polveri di lancio.

ESPLOSIVI DA MINA CON RESIDUATI DI POLVERI DI LANCIO

Le polveri di lancio, se in grosse graniture, devono essere prima macinate in mulini (fig. 56) **con getto d'acqua** non in granitura troppo fine e centrifugate (fig. 57) per eliminare la maggior parte dell'acqua, setacciate con cautela e asciugate in essiccatoio a 40-45°.

FIG. 57

Centrifuga.

Le polveri di lancio che più si adattano, secondo la mia esperienza, ad essere adoperate da sole o in miscela con altri composti esplosivi da mina, sono le seguenti: balistiti, nitrocellulosa americana 7 fori, polvere C, polvere Dupont; le altre sono poco consigliabili perchè troppo deboli.

Riporterò qualche formula da me provata.

TABELLA 32
FORMULE DI ESPLOSIVI DA MINA
CON RESIDUATI DI POLVERI DI LANCIO

	%	%	%	%	%	%	%
Balistite	37	50	45	12	—	—	50
Nitrocellulosa amer.	18,2	45	—	—	—	—	50
Polvere C	—	—	—	—	54	—	—
Polvere Dupont	—	—	—	—	—	10	—
Perclorato amm.	20	—	—	—	20	—	—
Nitrato amm.	—	—	55	64	—	60	—
Nitrato di Na	24	—	—	9	26	12,5	—
Siliciuro Ca	—	—	—	5	—	5	—
Nafta	0,6	—	—	—	—	0,5	—
Nero fumo	0,2	—	—	—	0,1	—	—
Tritolo	—	—	—	10	—	12	—
Biossido Mn.	—	5	—	—	—	—	—
Trauzl cc.	445	425	430	425	445	430	435
Distanza colpo	—	—	—	1	7	1	—
Ossigeno O_2	3,2	—24,9	—2,9	4,5	—2,5	—0,5	—2,8

Tali esplosivi che ora non sono più in uso, alle prove, con rocce non troppo dure, mi hanno dato ottimi risultati. Quelli non aventi

distanza di colpo, se ben intasati, hanno soddisfatto. Gli esplosivi con soli residuati di guerra lavorano bene soltanto in terreno compatto e si possono usare anche senza detonatore. In tale caso però la miccia va introdotta molto bene nell'esplosivo ed è opportuno inciderla, come per la polvere nera, più volte, nella parte che va a contatto dell'esplosivo, in modo che l'accensione di quest'ultimo avvenga sicuramente

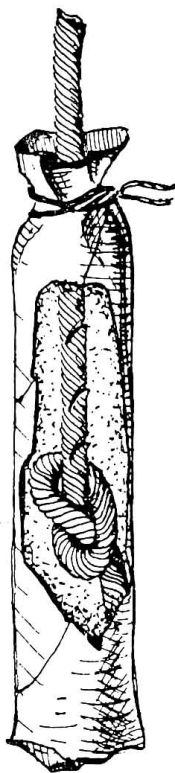



FIG. 58

Sistema di innescamento di una cartuccia di polvere nera o di polveri di lancio macinate.

(fig. 58). Il borraggio deve essere fatto molto forzato e accuratamente. *Occorre però far presente ai minatori che tali esplosivi, durante il caricamento, sono soggetti qualche volta ad incendiarsi a causa dello sfregamento del calcatoio contro le pareti del foro da mina per cui sono poco raccomandabili.* Vengono invece ancora macinate alcune polveri per confezionare polveri da caccia come diremo parlando delle polveri da caccia.

STABILIZZANTI

Come già ho avuto occasione di dire, la nitrocellulosa, la nitroglicerina e in generale tutti gli esplosivi aventi natura di esteri nitrici, hanno tendenza, col tempo, a decomporsi a causa dei vapori nitrosi

messi in libertà nella decomposizione iniziale che hanno azione ossidante e nello stesso tempo promuovono l'ulteriore scomposizione degli esteri.

La rapidità di tale decomposizione è ancora più rapida se l'esplosivo, per incuria di fabbricazione, contiene acidi, per cui, ad un certo punto, alla decomposizione succede l'esplosione.

Onde eliminare tali gravissimi inconvenienti, si pensò di aggiungere delle sostanze « *stabilizzatrici* » capaci di reagire coi vapori nitrosi, dando luogo a composti che non catalizzano la decomposizione degli eteri nitrici. Tali sostanze stabilizzatrici però devono essere in grado di suddividersi bene in tutto l'esplosivo e, nello stesso tempo, di non essere volatili e di formare coi vapori nitrosi derivati stabili.

In Francia si usò dapprima l'**alcool amilico** per la polvere alla nitrocellulosa, ma, a causa della sua volatilità e dato che il suo estere nitroso si idrolizzava molto facilmente, fu abbandonato a causa dello scoppio avvenuto su due corazzate come detto a pag. 204.

Dopo lunghi e accurati studi, si stabilì che i migliori stabilizzanti sono la **difenilammina,** in quanto la basicità dell'anilina è sufficiente a catalizzare la decomposizione degli esteri nitrici, le **centraliti** e l'**acardite.**

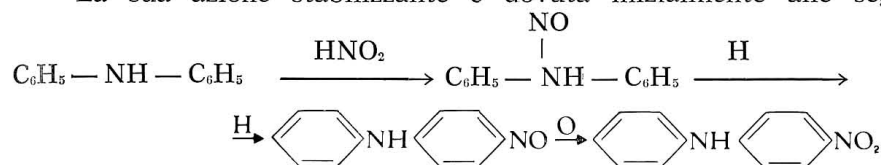
La difenilammina $C_6H_5\text{-}NH\text{-}C_6H_5$ fu introdotta da Nobel nel 1883 e viene usata in tutte le polveri alla nitrocellulosa; fonde a 54°, il suo punto di solidificazione è 52,8° e il punto di ebollizione 310°.

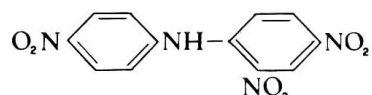
E' una base debole ed è molto solubile nei solventi organici (alcool, acetone, etere) e poco in acqua, per cui è indicatissima allo scopo prefisso.

Si prepara facendo reagire a caldo l'anilina col cloridrato di anilina in presenza di cloruro di zinco.

La sua azione stabilizzante è dovuta inizialmente alle seguente reazioni:

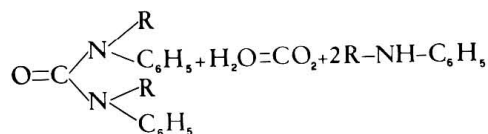
$$C_6H_5-NH-C_6H_5 \xrightarrow{HNO_2} C_6H_5-\underset{}{\overset{NO}{\overset{|}{N}}}\!\!H-C_6H_5 \xrightarrow{H}$$

$$\xrightarrow{H} C_6H_5-NH-C_6H_4-NO \xrightarrow{O} C_6H_5-NH-C_6H_4-NO_2$$

In seguito, attraverso altre reazioni del gruppo amminico con l'acido nitroso e attraverso trasposizioni ed ossidazioni, si giunge alla 2-4-4' trinitrodifenilammina:

$$O_2N-C_6H_4-NH-C_6H_3(NO_2)-NO_2$$

la quale, a causa dell'influenza dei nitrogruppi, ha natura acida e, non solo non reagisce più con l'acido nitroso, ma pare che essa stessa catalizzi la decomposizione degli esteri nitrici.

Con ac. solforico e ac. cloridrico conc. in presenza anche di piccole quantità di nitrico, la difenilammina dà una caratteristica colorazione azzurra; la stessa colorazione si ha riscaldando a 180° l'esacloretano. Aggiungendo alla difenilammina un polinitroderivato aromatico e cioè nitrobenzeni o nitrotolueni, si ottiene colorazione rosso scura che sparisce con la solidificazione della massa fusa.

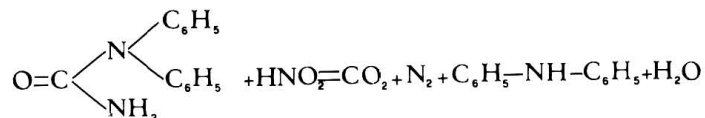
La centralite $CO\,[N\,(C_2H_5)\,C_6\,H_5]_2$ fu adoperata nel 1906 per la prima volta in Germania. Pare che col tempo le centraliti vengano idrolizzate ad anidride carbonica ed N — alchilanilina:

$$O=C\begin{matrix} N \begin{matrix} R \\ C_6H_5 \end{matrix} \\ N \begin{matrix} R \\ C_6H_5 \end{matrix} \end{matrix} + H_2O = CO_2 + 2R-NH-C_6H_5$$

Successivamente reagiscono con l'acido nitroso attraverso formazioni di nitrosoamine e l'introduzione di nitrogruppi nell'anello aromatico. Con ac. nitroso e nitrico la centralite dà una bella colorazione rosso lampone.

All'R si possono sostituire gruppi etilici, propilici, ecc. Dato che oltre ad essere stabilizzanti, sono ottimi gelatinizzanti e refrigeranti e data la loro preparazione molto semplice, da fosgene ad etilanilina, in Italia sono gli stabilizzanti più usati nelle polveri alla nitroglicerina, al nitroglicol, ecc.

La centralite si presenta sotto l'aspetto di aghi bianchi con p.f. 79°, solubile in alcool, acetone, etere, ecc.

La acardite è un altro ottimo stabilizzante che ha la seguente formula:

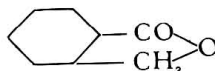
$$O=C\begin{matrix} N \begin{matrix} C_6H_5 \\ C_6H_5 \end{matrix} \\ NH_2 \end{matrix} + HNO_2 = CO_2 + N_2 + C_6H_5-NH-C_6H_5 + H_2O$$

la quale, come si vede, forma la difenilammina dando origine alle reazioni già sopra riportate.

Altri stabilizzanti adoperati sono:

La vaselina formata da idrocarburi insaturi i cui doppi legami pare reagiscano coi vapori nitrosi attraverso meccanismi di addizione e ossidazione.

Il carbonato e il bicarbonato di sodio per la loro reazione basica.

La ftalide che però è più gelatinizzante che stabilizzante avente la seguente formula:

$$C_6H_4\begin{matrix} -CO \\ -CH_2 \end{matrix}\!>O$$

essendo un lattone dell'acido o-ossimetilbenzoico. La ftalide è solida, fonde a 73° e bolle a 290°.

GELATINIZZANTI

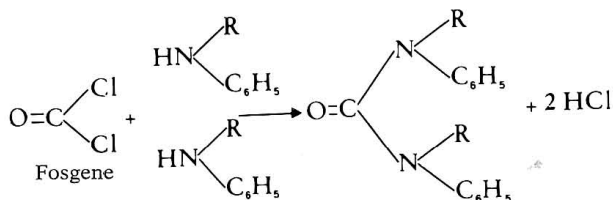
Se nelle polveri alla nitroglicerina, al nitroglicol, al nitrometriolo, ecc., gli esteri nitrici sono in quantità insufficiente a garantire la gelatinizzazione completa della nitrocellulosa, si ricorre a solventi non volatili o « *solventi fissi* » che quasi sempre contribuiscono alla conservazione della struttura colloidale, alle proprietà balistiche e molto spesso alla loro stabilizzazione. Tali sostanze spesso vengono aggiunte anche alle nitrocellulose.

Il fenomeno della gelatinizzazione è dovuto alla fissazione del gelatinizzante da parte della nitrocellulosa e quindi alla modificazione della struttura e degli esteri nitrici della stessa. Studi in proposito furono fatti da Will e da Desmaroux.

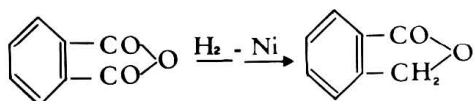
I più importanti di tali gelatinizzanti sono i seguenti:

Centraliti che sono dialchil-difeniluree simmetriche le quali, come già accennato, si preparano facendo reagire il fosgene con etilanilina.

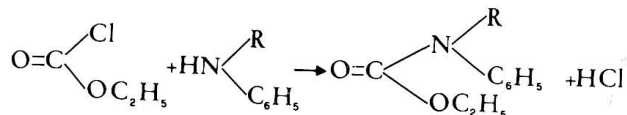
$$O{=}C{<}^{Cl}_{Cl} + 2\,HN{<}^{R}_{C_6H_5} \longrightarrow O{=}C{<}^{N{<}^{R}_{C_6H_5}}_{N{<}^{R}_{C_6H_5}} + 2\,HCl$$

Fosgene

E 'interessante notare che, con l'aumentare dei gruppi alchilici (CH_3, C_2H_5) cioè dei gruppi R, cresce il potere gelatinizzante.

Ftalide che si ottiene per riduzione catalitica dall'anidride ftalica.

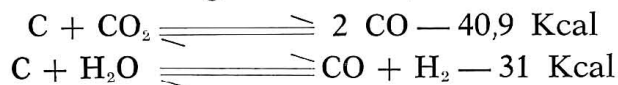
$$C_6H_4{<}^{CO}_{CO}{>}O \xrightarrow{H_2\text{ - }Ni} C_6H_4{<}^{CO}_{CH_2}{>}O$$

Ftalati alchilici (di etile, butile, ecc.) liquidi a temperatura ordinaria, ottimi plastificanti.

Derivati n-disostituiti dall'uretano etilico che si preparano trattando il clorocarbonato di etile con le corrispondenti ammine secondarie:

$$O{=}C{<}^{Cl}_{OC_2H_5} + HN{<}^{R}_{C_6H_5} \longrightarrow O{=}C{<}^{N{<}^{R}_{C_6H_5}}_{OC_2H_5} + HCl$$

I due più importanti sono il **difeniluretano** ($R = C_6H_5$) e l'**etilfeniluretano** ($R = C_2H_5$).

REFRIGERANTI ED ANTIFIAMMA

Per abbassare la temperatura di esplosione delle polveri, onde non erodano troppo le armi, si pensò di aggiungere alle polveri senza fumo delle sostanze chiamate « *refrigeranti* » nelle quali il carbonio in esse contenuto reagisce con l'anidride carbonica e con l'acqua presenti nei gas di esplosione, formando delle reazioni endotermiche che danno luogo, compensando almeno in parte la diminuzione di temperatura, ad un aumento del volume gassoso:

$$C + CO_2 \rightleftharpoons 2\,CO - 40{,}9\ Kcal$$
$$C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2 - 31\ Kcal$$

Tali « *refrigeranti* » si aggiungono generalmente alle balistiti che, come è noto, danno sempre temperature superiori alle nitrocellulose. Le sostanze più comunemente impiegate sono:

La vaselina, gli olii minerali, l'acetilcellulosa, le sostanze gelatinizzanti di cui si è parlato, **l'acardite** (difenilurea asimmetrica).

E' noto a tutti che quando il proiettile esce dall'arma, fa una lunga fiamma

che può essere visibile al nemico specialmente di notte, per cui è necessario, se possibile, eliminarla.

A tale scopo come « **antifiamma** » si sono così adoperati: **il 2-4 dinitrotoluolo, la 1 nitronaftalina** e i **derivati dell'urea** di cui ho già parlato e che comprendono la **centralite, la acardite, gli uretani,** ecc. o altrimenti sali inorganici come il **cloruro** e il **solfato di ammonio; l'ossalato di sodio,** di **ammonio,** di **potassio** e il **tartrato di potassio** tra gli organici.

Questi sali però di giorno danno luogo a produzione di fumo facilmente individuabile dal nemico per cui è bene adoperarli solo di notte.

Tra i refrigeranti fu proposta anche la **nitroguanidina,** ma con risultati quasi negativi.

NITROIDROCELLULOSE

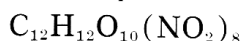
ESTERI NITRICI DELL'AMIDO

Mentre la nitrocellulosa dà, alla nitrazione, prodotti molto stabili, l'amido invece li dà instabili, per cui l'uso è molto limitato.

NITROAMIDO

Fabbricazione - Nell'effettuare la nitrazione, si deve tener conto che l'amido è molto più idrolizzabile della cellulosa, ma come questa, può subire una nitrazione più o meno spinta per cui, stabilire una formula, è molto difficile.

L'Octonitroamido per es. ha questa formula:

$$C_{12}H_{12}O_{10}(NO_2)_8$$

con quasi 16,5% di N e pare sia stato adoperato dagli Stati Uniti prima della prima guerra mondiale.

La materia prima che si adopera è l'amido di patate o di mais o di altra provenienza, ma ben lavato con alcali è poi fatto asciugare. Negli Stati Uniti la nitrazione viene fatta con miscela solfonitrica: per 10 parti di amido se ne usano 40 di miscela contenente il 38% di ac. nitrico e il 62% di ac. solforico. La temperatura non deve superare i 40°. Finita la nitrazione, il prodotto viene raccolto e lavorato prima con acqua e poi con soluzione di ammoniaca. Il nitroamido a questo punto si presenta come si presentava in partenza e per distinguerlo si adopera la soluzione di Jodio, la quale, essendo l'amido nitrato, non dà alcuna colorazione.

In Europa ora si ricorre ad un processo di nitrazione continua con un apparecchio Schmid in cui viene usata miscela solfonitrica e una temperatura di — 7° ottenuta mediante un refrigerante.

L'essiccamento viene fatto come per la nitrocellulosa e cioè in corrente d'aria a 40°.

Caratteristiche e usi - Si presenta sotto forma di polvere bianca giallastra con densità 1,1, insolubile in acqua e solubile in acetone e alcool-etere coi quali però non gelatinizza. Si gelatinizza invece con nitroglicerina per cui si possono fare dinamiti od esplosivi di scoppio mescolandolo a nitrati inorganici, ma il suo uso è limitatissimo. Secondo studi fatti in Ungheria non è igroscopico. *La sua temperatura di accensione è di circa 175° e la sensibilità alla berta da Kg. 2 è di 50 cm. La Velocità di detonazione è di 6800 m/s.*

Negli Stati Uniti si usano due categorie di esplosivi al nitroamido:

1ª **Cat.** - Contengono una elevata percentuale di nitroamido e nitrato sodico e l'1% di carbonato sodico. Tale composto ha una velocità di 4200 m/s.

2ª **Cat.** - Contengono oltre ad un po' di nitroamido, una forte percentuale di nitrato ammonico e il 3% di tritolo. Tale composto ha una Velocità di 4150 m/s.

In Ungheria, dove si producono molte patate, mais, ecc. si impiega una miscela al 90% di nitroamido con paraffina, amidol difenilammina, ossido di magnesio.

PARTE TERZA

NITRODERIVATI AROMATICI

CAPITOLO PRIMO

NITRODERIVATI AROMATICI

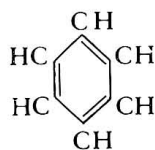
NITRODERIVATI DEL BENZENE

Il benzene o benzolo C_6H_6 (p.m. 78,05) è un liquido mobile, incoloro che puro ha un odore gradevole; il suo punto di cristallizzazione è di 4°, bolle a 80,5° a pressione ordinaria. I limiti di esplosione con l'aria sono da 1,5 a 8% in volume, con l'ossigeno da 2,6 a 30,1%.

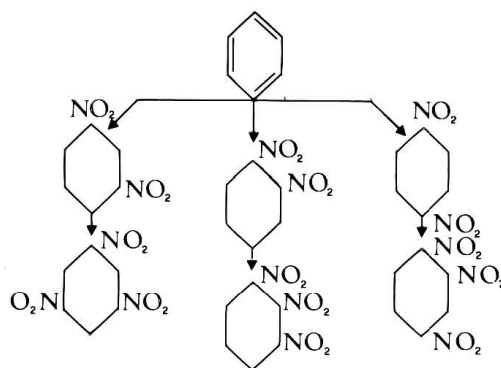
E' pochissimo solubile in acqua, ma è miscibile con alcool, etere, acido acetico.

E' molto tossico e i suoi vapori si infiammano facilmente bruciando con fiamma fuligginosa.

E' il primo termine della serie aromatica ed ha la seguente formula:

CH
HC CH
HC CH
CH

Nitrando il benzene con miscela solfonitrica si ha un mononitrobenzene e tre binitrobenzeni: orto, meta e para.

Andando oltre nella nitrazione, si trovano molte difficoltà. Lo schema di nitrazione diretta del benzene si può rappresentare in questo modo:

NO_2 NO_2 NO_2
NO_2 NO_2 NO_2
NO_2 NO_2 NO_2
O_2N NO_2 NO_2 NO_2 NO_2
NO_2 NO_2

Mononitrobenzene - $C_6H_5NO_2$ (p.m. 123,05). E' importante specialmente per le sostanze coloranti ed è la materia prima della preparazione dell'anilina e derivati.

Si prepara facendo gocciolare lentamente il benzene a freddo con miscela solfonitrica composta del 50% di ac. nitrico a 40° Bé e 50% di ac. solforico a 66° Bé. Non è esplosivo.

E' stato adoperato come anticongelante in alcuni tipi di dinamiti e gelatine esplosive. Solidifica a 3° e bolle a 208°.

Il prodotto commerciale si vende sotto il nome di « essenza di mirbana » ed ha il caratteristico odore delle mandorle amare.

Dinitrobenzene - $C_6H_4(NO_2)_2$ con p.m. 168,05. Si prepara nitrando il benzene con un miscuglio nitrico solforico formato da ac. nitrico 30%, ac. solforico 60%, acqua 10% nel rapporto di uno di benzene per sei di acido.

Il prodotto, dopo lavaggio in acqua, viene cristallizzato con alcool per separare i due isomeri orto e para, più solubili. E' stato usato in esplosivi di sicurezza e dai Tedeschi in esplosivi da guerra per abbassarne il punto di fusione. In seguito è stato sostituito dalla binitro e trinitronaftalina perchè molto tossico e caro. E' solubile in benzene, toluene, cloroformio. E' di colore giallognolo (fig. 59).

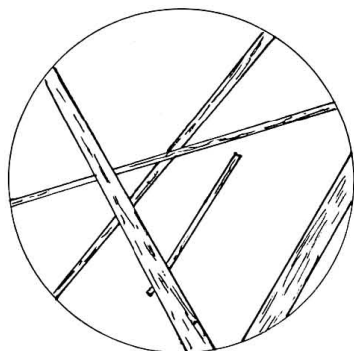



FIG. 59

m. dinitrobenzene cristallizzato dall'alcool etilico.

Una miscela fusibile tedesca era formata da:

T_4 = 15%; NH_4NO_3 = 35%; Dinitrobenzolo 50% e fondeva a 83°

La sua equazione di decomposizione pare sia la seguente:

$$C_6H_4O_4N_2 \longrightarrow 4\ CO + 2\ H_2 + N_2 + 2\ C$$

La sua velocità di detonazione è di circa 6000 m/s, a densità 1,65 è di 7300 m/s.

E' stato adoperato nei seguenti esplosivi:

Bellite, Roburite, Senorite, Tonite, Kinenite, ecc. Il suo calore di combustione è di 4103 cal. per gr.

Trinitrobenzene - $C_6H_3(NO_2)_3$ p.m. 213,05. Per le caratteristiche esplosive ha solo importanza quello simmetrico, il quale cristallizza in lamine lucenti giallognole che fondono a 122°. Per compressione raggiunge la densità di 1,67. Come sostanza esplosiva è leggermente superiore al tritolo e secondo Dautriche è del 5% più potente dell'acido picrico, la velocità di detonazione è di circa 7000 m/s. E' solubile in acetone, etere e benzolo. E' di colore giallo-verdognolo.

La sua fabbricazione è molto difficile. Vi sono tre metodi:

1) fu studiata da Hepp e consiste nella nitrazione di 60 parti di metabinitrobenzene con 1000 parti di ac. solforico conc. e 500 parti di ac. nitrico fumante. Dopo averla riscaldata per un giorno a 100° e per 4 giorni a 110° con un rendimento del 65-70% del teorico, dalla miscela si avrà il prodotto;
2) si ottiene dall'ossidazione del trinitrotoluene con formazione dell'acido trinitrobenzoico (Griesheim);
3) consiste nella dealogenazione del cloro-trinitrobenzene simmetrico per mezzo del rame ridotto (Meyer).

L'equazione teorica di decomposizione del trinitrobenzene è la seguente:

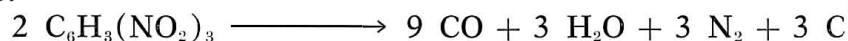
$$2\ C_6H_3(NO_2)_3 \longrightarrow 9\ CO + 3\ H_2O + 3\ N_2 + 3\ C$$

Ecco una tabella comparativa tra *di* e *trinitrobenzene* con le principali caratteristiche.

TABELLA 33

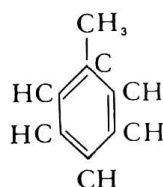
	Dinitrobenzene	*Trinitro-benzene*
Peso molecolare	168,05	213,05
Bilancio ossigeno	— 95,2%	— 56,3%
Cal. formazione Kcal/Kg. .	34°	37°
P. fusione	89,6°	123°
Densità max	1,50	1,67-1,68
Cavità Trauzl	242 cc.	325 cc.
Velocità detonazione . . .	6000 m/s	7000 m/s
Sensibilità Berta Kg. 2 . .	50 cm. da 10 Kg.	45 cm.

CAPITOLO SECONDO

NITRODERIVATI DEL TOLUENE

Prima di parlare dei nitrotolueni ritengo opportuno fare qualche accenno sul toluene.

TOLUENE o Toluolo (p.m. 92,114)

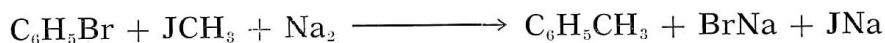
```
      CH3
       |
       C
HC  /    \\  CH
HC  \\    /  CH
       CH
```

Questo idrocarburo detto anche **metil-benzene** si trova tra i prodotti di distillazione secca di sostanze carboniose, legnose e resinose.

Si ottiene principalmente dal carbon fossile per cui fu trovato nel gas illuminante. Questa osservazione ha acquistato negli ultimi tempi grande importanza pratica, perchè per molto tempo l'unica sorgente di questo idrocarburo è stato il catrame di carbon fossile.

Nel 1892 Bunte notò che circa l'89% del toluene formatosi nella distillazione secca del carbon fossile, si trova nel gas illuminante e solo l'11% nel catrame.

Il toluene è anche nel catrame di lignite e in alcune varietà di petroli naturali come quelli di Birmania, Caucaso, Galizia, Germania ed Armenia. E' da notare che in tutte le formazioni pirogeniche di olii essenziali e minerali si forma sempre una certa quantità di toluene.

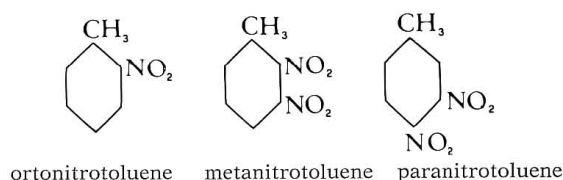
Il toluene si può ottenere anche scientificamente con vari metodi dei quali citerò il principale che consiste nel far reagire un alogeno derivato dal benzolo con joduro di radicale alcoolico in presenza di sodio:

$$C_6H_5Br + JCH_3 + Na_2 \longrightarrow C_6H_5CH_3 + BrNa + JNa$$

Come si è detto, la sorgente principale del toluene è il carbon fossile; gli olii leggeri del catrame contengono quantità variabili di toluene, il quale viene separato per ripetute distillazioni.

Gli olii leggeri del carbon fossile riuniti, distillati, danno a 95° il *benzolo greggio bollente* (65%); a 95-125° il *toluolo greggio bollente* (20%) e a 125-150° lo *xilolo greggio* bollente. In commercio si trova nei così detti benzoli greggi che contengono dal 70 al 75% di toluene.

Nitrazione del toluene - I vari prodotti di nitrazione mono-bi e trisostituenti del toluene sono stati oggetto di molteplici ricerche sperimentali, tanto che il problema dal punto di vista teorico, si può considerare per buona parte chiarito. Nitrando il toluene sia con ac. nitrico che con miscugli nitrico-solforici per ottenere mononitrotoluene, si ottiene sempre una mescolanza di tre isomeri, orto, meta e para, che fra loro stanno in rapporto quasi costante, qualunque sia la temperatura alla quale si fa la nitrazione (fra 30 e 60°) e precisamente circa il 57% di orto, 3% di meta e 40% di para.

CH_3 NO_2 — CH_3 NO_2 NO_2 — CH_3 NO_2 NO_2

ortonitrotoluene metanitrotoluene paranitrotoluene

Nitrando ulteriormente il meta nitrotoluene si formano i tre binitrotolueni. Per nitrazione diretta del toluene a mono e binitrotoluene si formano soltanto i tre trinitrotolueni.

DINITROTOLUENE (p.m. 182,06) o DNT o BNT

A noi interessa più di tutto il 2-4 dinitrotoluene e il 2-6 dinitrotoluene.

Il dinitrotoluene o binitrotoluene adoperato per dinamiti non è che l'olio di sgocciolamento che si separa dal dinitrotoluene mescolato ad una piccola quantità di 2-6 dinitrotoluene, di mononitrotoluene e di trinitrotoluene. Fu adoperato come vedremo, per fare degli esplosivi gelatinati in mancanza di nitroglicerina durante l'ultima guerra, per inumidire e quindi flemmatizzare leggermente alcuni esplosivi polverulenti e per mescolare alla nitroglicerina come anticongelante. Il 2-4 dinitrotoluene è il prodotto principale della nitrazione del toluene a binitro. I primi ad ottenerlo furono Deville, Belstein, Chalberger trattando il toluene col solo acido nitrico; si prepara inoltre sia dall'orto che dal para nitrotoluene (fig. 60).

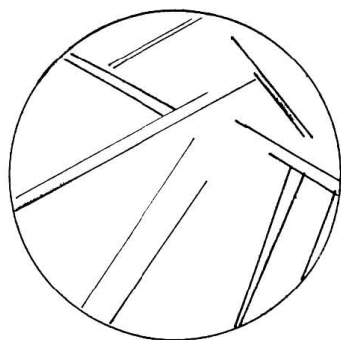



FIG. 60

2-4 dinitrotoluene cristallizzato dall'alcool etilico.

Col metodo di Kaiser, si prepara nitrando il toluene in due fasi, si trattano 400 parti di toluene con un miscuglio nitrico-solforico formato di 45 parti di ac. nitrico a 44° Bé e 700 parti di ac. solforico concentrato, si mantiene la temperatura sotto 60° per circa 4 ore. Si separa quindi il liquido acido dal miscuglio di mononitrobenzene e si tratta quest'ultimo con una miscela di 450 parti di ac. nitrico a 45° Bé e 1350 parti di ac. solforico concentrato mantenendo la temperatura intorno ai 125°.

Il 2-6 dinitrotoluene si forma insieme all'isomero precedente 2-4 nella nitrazione diretta del toluene a binitro e nella nitrazione dell'orto nitrotoluene.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL DNT

Calore formazione Kcal/Kg.	8452
Calore di esplosione Kcal/Kg.	530 - 840 - 920
Bilancio O_2	— 114,4%
Volumi di esplosione	985 - 740
Temperatura della fiamma d'esplosione	÷ 2700
Forza Kg/cm^2	÷ 7500
Velocità detonazione	6100 m/s
Cavità Trauzl	240 cc.
Temperatura di infiammazione	÷ 300°

ANALISI CHIMICA DEL DINITROTOLUENE - Se il dinitrotoluene è solido se ne determina il **punto di fusione** (65°), se liquido quello di **solidificazione.**

Densità - Si determina con un comune densimetro.

Acidità - Si sospendono 100 gr. di dinitrotoluene in 200 cc. di acqua calda. Dopo una breve agitazione energica si lascia separare il dinitrotoluene e si titola l'acqua con soda decinormale. L'acidità si può saggiare anche con la comune cartina di tornasole o con le apposite cartine colorimetriche.

Azoto - Per determinare l'Azoto si opera con l'apparecchio di Kieldhal (fig. 61) nel modo seguente: 1 gr. di dinitrotoluene pesato esattamente si introduce in un palloncino di vetro di Jena. Si aggiungono 30 cc. di ac. solforico al

100%, addizionato di 3 gr. di ac. salicilico. Si scioglie il dinitrotoluene nella miscela acida. Si aggiungono 5 gr. di iposolfito sodico e si riscalda a debole ebollizione fino a completa ossidazione. Per maggiore sicurezza si aggiunge circa 1 gr. di permanganato di potassio e si continua il riscaldamento fino ad avere il liquido

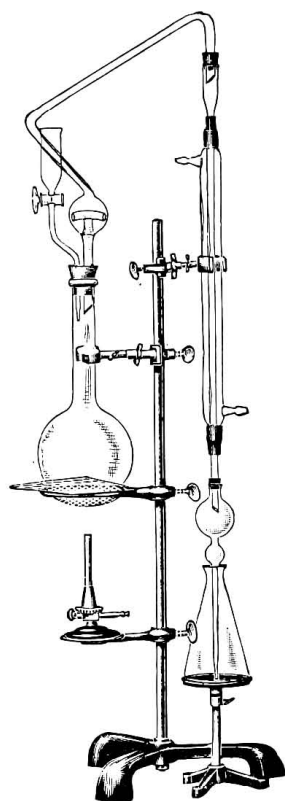



FIG. 61

Apparecchio di Kieldhal.

incoloro o quasi. Si toglie dal fuoco, si lascia raffreddare e si lava in un pallone da un litro. Si aggiungono 200 cc. di soda al 41% e qualche pezzetto di pietra pomice. Si collega il pallone con un refrigerante ad acqua la cui estremità pesca in una soluzione acida per ac. solforico decinormale titolata esattamente, contenuta in una bevuta la cui apertura è chiusa a debole chiusura da un batuffolo di cotone. Si distilla l'ammoniaca, protraendo la distillazione fino ad avere distillato circa 2/3 del liquido titolato. Si titola l'eccesso di ac. solforico con soluzione di NaOH seminormale e si risale alla percentuale di Azoto.

Stabilità - Si esegue l'Abel a 80°.

ESPLOSIVI A BASE DI DINITROTOLUENE

Descriverò qualche esplosivo a base di dinitrotoluene che al tempo dell'ultima grande guerra, in seguito alla carenza di glicerina, mi ha dato buoni risultati in galleria e in cava e di cui ho già fatto cenno nel capitolo: «Misure sperimentali degli esplosivi da mina». Prima di ogni cosa ritengo opportuno far notare la differenza d'impasto adoperando dinitrotoluene avente bassa densità ed alta densità.

Ho avuto modo di adoperare del dinitrotoluene avente le seguenti caratteristiche:

Densità a 15° 1,195
Reazione al tornasole . . . . leggermente alcalina
Stabilità Abel a 80° . . . . oltre 30'
ed un altro con le seguenti:
Densità a 15° 1,380
Reazione al tornasole . . . . neutra
Stabilità Abel a 80° . . . . oltre 30'

Il primo avente densità 1,195 col 0,75% di cotone collodio e il 17% di Dinitrotoluolo gelatinizzava difficilmente, anche facendo salire la temperatura a 60° e l'impasto dell'esplosivo veniva molle e senza elasticità. Ho potuto constatare che per avere una buona gelatinizzazione con tale DNT, occorre far sciogliere a caldo nel DNT stesso, prima di aggiungere il cotone, almeno il 2,5-3% di tritolo e quindi raffreddare. Dopo un po' di tempo si aggiungono tutti gli altri componenti e si ottiene così un'ottima pasta resistente all'acqua, elastica e compatta.

Adoperando il DNT con una densità di 1,380 si può fare a meno di aggiungere il tritolo poichè il cotone gelatinizza più facilmente, l'esplosivo rimane abbastanza elastico, ma in breve tempo si deteriora perdendo DNT. Questo dinitrotoluene generalmente è miscelato con altri nitrotolueni. Anche col DNT il cotone collodio va sciolto a freddo e non a caldo. L'impasto di tali esplosivi ha però bisogno di essere molto curato. Una cosa importantissima per ottenere un buon impasto e una buona riuscita, è che i componenti salini abbiano una granitura finissima e precisamente che passino ad un setaccio avente circa 500 maglie per cmq.

Diversamente è difficile avere dei buoni impasti, i quali, oltre a presentarsi male, all'atto pratico non rendono ciò che dovrebbero. L'esplosivo deve essere lavorato molto bene, in impastatrici adatte, ed a tale scopo servono quelle a planetario già citate per la nitroglicerina (fig. 41). L'impasto per questi esplosivi si fa come per quello alla nitroglicerina. Se all'impasto si deve aggiungere Pentrite o T_4 è bene metterlo subito appena il DNT comincia a gelatinizzare e questo allo scopo di flemmattizzarli subito.

A titolo di curiosità citerò qualche formula di esplosivi gelatinosi a base di DNT chiamati, durante l'ultima guerra, *Gelatina* P_1, P_2, P_3 in ordine progressivo.

TABELLA 34

	P_1	P_2	P_3
Dinitrotoluene	17 %	22,5 %	17 %
Cotone collodio	0,5	0,5	0,5
Perclorato ammonico . .	36	36	—
Nitrato ammonico	—	—	42
Perclorato di potassio . .	—	—	16,5
Nitrato sodico	25	25	18
Tritolo	3,3	3,75	6
Pentrite	18	—	—
Trauzl cc.	460	400	350
Ossigeno	0,20	0,21%	0,46
Distanza di colpo	*Nulla*	*Nulla*	*Nulla*

Ho notato, in successive prove, che tali esplosivi con nitrato ammonico devono essere di pronto impiego, poichè diversamente hanno tendenza a perdere il DNT. e devono essere innescati con Det. N. 10.

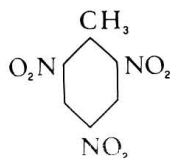
Come già accennato, tali esplosivi, pur non avendo distanza di colpo, lavorano benino. Hanno odore di mandorle amare e possono dare qualche disturbo agli operai. Anche i locali di fabbricazione, oltre alle gallerie in cui vengono adoperati, devono essere ben aereati.

TRINITROTOLUENE O TRITOLO (p.m. 227,06)

Il tritolo, detto anche *Trilite, Trotyl, Tolite, Trinolo* e *TNT*, è uno degli esplosivi più usati sia in guerra che in pace con la sigla TNT, a causa della sua stabilità, facile manipolazione, conservazione, pericolosità limitata. E' inoltre facilmente recuperabile.

CH_3

O_2N NO_2

NO_2

Fu scoperto nel 1863 da Wildebrand nitrando toluene con un miscuglio di acido nitrico e solforico concentrato. In seguito è stato ottenuto da Beilstein e Kublerg per nitrazione del binitrotoluene 2-4.

Fabbricazione - La vera preparazione industriale comincia nel 1891 con C. Haussermann, il quale preparò il tritolo nitrando in due fasi il toluene. Una prima nitrazione porta al mononitrotoluene o al dinitrotoluene, la seconda partendo da queste due sostanze, dà il trinitrotoluene..

Quando il tritolo non si possa cristallizzare da qualche solvente organico, il metodo più pratico è quello di nitrare il toluene a dinitro, rinitrando poi questi a trinitrotoluene. Si ottengono così prodotti puri. Nella preparazione del dinitrotoluene solido e del trinitro dal mononitrotoluene, si ha, come prodotto secondario, una massa oleosa o, in alcuni casi, pastosa, detta « olio di sgocciolamento ». In questo sottoprodotto già precedentemente descritto sotto il nome di dinitrotoluene che viene preparato dai prodotti solidi o meccanicamente o per moderato calore, si accumula tutto il dinitrotoluene meta o il miscuglio oleoso dei dinitrotolueni che da questi derivano.

In Germania prima della guerra 1915-1918, il tritolo veniva ottenuto per nitrazione di questa massa oleosa cristallizzabile dall'alcool (figg. 63-64-65-66). Si aveva così un tritolo purissimo con un punto di fusione 80-80,5°.

In Italia, non essendo conveniente, dato il forte prezzo di costo, impiegare come solvente l'alcool, si utilizza l'olio di sgocciolamento nitrandolo due volte con miscugli acidi concentrati.

Per dare un'idea del prezzo di costo del tritolo in Italia, è bene che si sappia che per avere 1 Kg. di TNT, sono necessari 400 Kg. di carbone fossile, ed allora si spiega il perchè in Italia, anche durante l'ultima guerra, sono stati preferiti al TNT, il T_4 e la pentrite.

Noi industrialmente usiamo la nitrazione in tre fasi, nitrando nella prima il toluolo a mononitrotoluolo, nella seconda il mononitro a binitro, nella terza il binitro a trinitro.

Gli apparecchi per le tre nitrazioni sono uguali e possono venire usati indifferentemente per qualsiasi fase (fig. 62). La nitrazione si fa in nitratori di ferro muniti di agitatore centrale ad elica e di tubi di carico e scarico per la miscela acida e per il toluene.

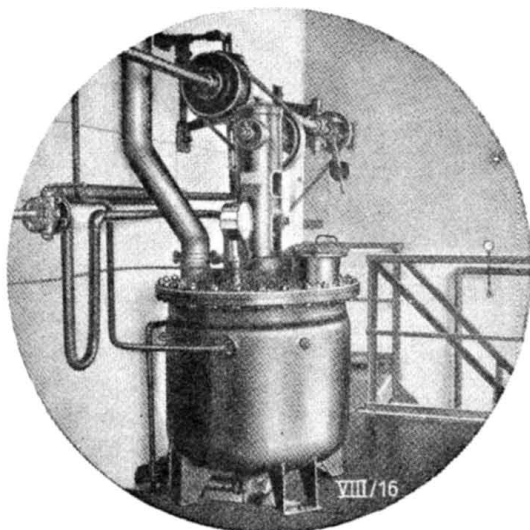



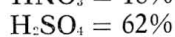
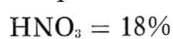
FIG. 62

Apparecchio per nitrazione del Toluolo.

Riporterò alcuni dati relativi alla fabbricazione del tritolo - Nella prima nitrazione iniziata a temperatura ordinaria, occorre procedere con cautela per non superare la temperatura di 45°, il che si ottiene anche raffreddando. Una maggiore temperatura darebbe origine ai prodotti meta che non danno luogo alla formazione del mononitrotoluene simmetrico, ed ai prodotti di ossidazione.

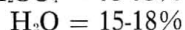
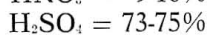
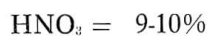
Al termine dell'operazione, la temperatura viene portata a 60-65° riscaldando con vapore.

La carica di toluene per la nitrazione è di 500 Kg.; il miscuglio solfonitrico è di 3000 Kg. ed ha la seguente composizione:

$$HNO_3 = 18\%$$
$$H_2SO_4 = 62\%$$
$$H_2O = 20\%$$

ed è quello proveniente dalla seconda nitrazione arricchito di HNO_3.

La durata dell'operazione è di circa 8 ore, delle quali una viene impiegata per la carica, 5 per la nitrazione, 1 1/2 o 2 per il riscaldamento a 60° e lo scarico.

Il prodotto proveniente dal primo nitratore, viene pompato nel secondo, ove trovasi il miscuglio della terza nitrazione che però non è corretto ed ha la seguente composizione:

$$HNO_3 = 9\text{-}10\%$$
$$H_2SO_4 = 73\text{-}75\%$$
$$H_2O = 15\text{-}18\%$$

La temperatura alla quale si fa avvenire questa operazione è di 70-75°. Tale temperatura è raggiunta scaldando con vapore.

La durata complessiva dell'operazione è di circa 3 ore.

Di qui, il prodotto, per mezzo di una pompa, va alla terza nitrazione. Per ottenere sempre un prodotto finale di composizione quasi costante, occorre

ora mescolare miscela solfonitrica e prodotto proveniente dalla seconda nitrazione in quantità tale che la miscela acida sia sufficiente a trasformare in trinitro la quantità di dinitro esistente dopo la seconda nitrazione la quale ha prodotto una certa quantità di dinitro. Quindi, a parità di miscela solfonitrica,

FIG. 63
2-4-6 trinitrotoluene.

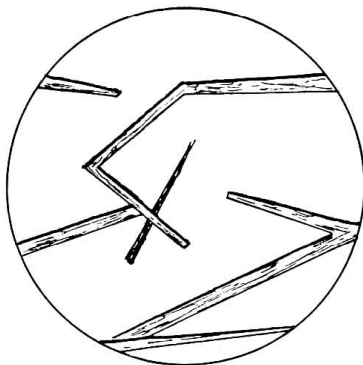



FIG. 64
2-3-4 trinitrotoluene.

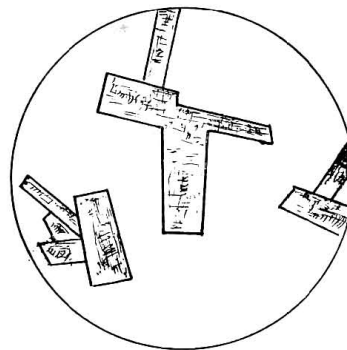



FIG. 65
2-4-5 trinitrotoluene.

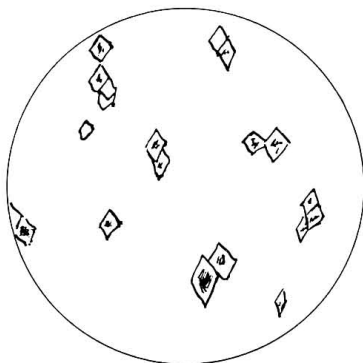
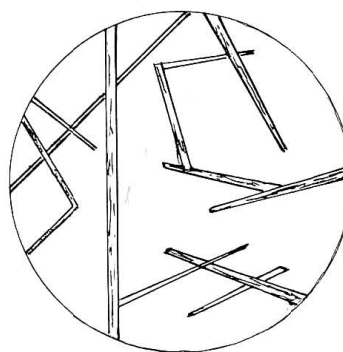



FIG. 66
2-3-6 trinitrotoluene.

tutti cristallizzati dall'alcool etilico

si potrà introdurre nel terzo nitratore una quantità di dinitro prodotto grezzo, maggiore o minore a seconda che il tenore di trinitro in questo contenuto è maggiore o minore.

Per determinare la quantità di trinitro contenuto nel prodotto proveniente dalla seconda nitrazione, si determina la densità. Anche in base al dato di densità, si risale direttamente, mediante un grafico, ai litri o Kg. di prodotto grezzo che si possano riportare a trinitro, con 3000 Kg. di miscela solfonitrica.

A questo scopo, dal secondo nitratore, il miscuglio viene pompato ad un serbatoio, da dove, fatta la densità, vengono immessi nel terzo nitratore i litri di composti indicati.

Questa terza nitrazione ha la durata di 8 ore e mezzo. Di queste, un'ora serve per la carica, due ore per immettere il prodotto lentamente, raffreddando contemporaneamente per evitare un rapido aumento della temperatura. Dopo si può lasciare crescere liberamente per un'ora e mezza fino a 120-125°. Con tale sistema si ottiene un prodotto più puro.

A questa temperatura si mantiene poi per due ore in agitazione. In seguito occorrono ancora due ore per la decantazione e lo scarico.

Il prodotto fuso viene ora portato in un recipiente ove, ancora fuso, vi si fanno subire 5 o 6 lavaggi con acqua bollente fino a che questa dia reazione neutra sulla carta di tornasole, agitando con aria compressa.

Tale operazione ha la durata di 7-8 ore. Dopo il lavaggio, il TNT, sempre fuso, viene immesso in un cristallizzatore ove si fa cristallizzare lentamente (la temperatura deve abbassarsi non più di un grado ogni dieci minuti) in volume doppio di acqua calda mantenendo sempre in agitazione. La lenta cristallizzazione ha lo scopo di avere una stratificazione dei vari componenti, in modo che al centro dei cristalli risulti quello a punto di solidificazione più alto, favorendo così l'attacco del solfito per la decomposizione degli altri composti.

Il tritolo ottenuto con questo metodo è inquinato, come abbiamo visto, da impurezze consistenti generalmente da isomeri del tritolo. In Svizzera e in Germania il prodotto grezzo delle nitrazioni che fonde circa a 50°, viene nitrato direttamente. Da 500 Kg. di toluolo si ottengono circa 1060 Kg. di tritolo grezzo, ma molto impuro.

In Italia si distingue il tritolo in due classi:

— **alto punto** *è quello che solidifica sopra gli 80° (A.P.)*

— **basso punto** *è quello che solidifica fra i 77 e 78° (B.P.)*

Migliore è la classificazione francese che distingue il tritolo in vari tipi e precisamente:

Tritolo D per detonatori aventi un punto di solidificazione superiore agli 80,6°. Ci si può arrivare solo con la cristallizzazione da solventi, ciò che aumenta notevolmente il prezzo.

Tritolo T ha punto di solidificazione maggiore di 80,1°, corrispondente al nostro tritolo alto punto impiegato nel caricamento per compressione.

Tritolo O con punto di solidificazione di 79° per caricamento a fusione.

Tritolo M con punto di solidificazione di 78° per miscele.

Gli italiani adoperano l'alto punto per detonatori e per alcuni caricamenti di proiettili, il basso punto solo per le miscele di amatolo ed eccezionalmente per il caricamento di proiettili.

Gli inglesi non impiegano detonatori di tritolo ma di tetranitrometilanilina o tetrile, che vedremo più avanti, e quindi non usano il tritolo D. Il tritolo che solidifica a 78° lo chiamano crudo e lo usano per miscele con nitrato d'ammonio, cioè per i diversi amatoli che loro usano per il caricamento.

Un indice della purezza del prodotto è dato dal punto di solidificazione. Questo viene naturalmente e notevolmente abbassato dalla presenza delle impurezze e specialmente da alcune di queste, per esempio dal dinitrotoluene, o per umidità.

Si hanno diversi valori per tale punto di solidificazione ed alcuni preferiscono il punto di fusione. Molinari e Giua, dopo lunghe e precise determinazioni, l'hanno stabilito in 80,65°.

Tanto più puro è il Tritolo, tanto più alto è il punto di fusione e tanto minore è la differenza tra questo e il punto di solidificazione come risulta dai dati qui riportati:

Punto di fusione	*Punto di solidificazione*	*Differenza*
80°,62	80°,31	0,31
79°,53	79°,68	0,45
77°,34	76°,72	0,62
75°,85	74°,57	1,28

Per la fabbricazione degli esplosivi da mina, da prove eseguite dall'autore fra TNT A.P. e TNT B.P., non si sono verificate differenze notevoli; si sono verificate differenze appena sensibili per il tritolo di ricupero, cioè per quello fuso diverse volte e spesso impuro per sostanze estranee (nitrato ammonico, bitume, tetrile, ecc.) ricavato dallo scaricamento di bombe, granate, ecc.

A questo proposito ritengo far presente che tutti gli esplosivi di ricupero, prima di essere adoperati come esplosivi da mina, abbisognano di un attentissimo esame, poichè possono contenere detonatori, pezzi di ferro o di altri metalli, esplosivi sensibili, ecc. che possono causare, durante la lavorazione, tremendi disastri.

Depurazione del Tritolo.

I metodi di depurazione del TNT sono diversi:

1) *cristallizzazione dal benzolo o dal toluolo*
2) *cristallizzazione dall'acido solforico*
3) *cristallizzazione dall'alcool*
4) *cristallizzazione dall'acetone*
5) *solfitazione che è il più usato e che descriverò per sommi capi.*

La depurazione per mezzo del solfito si esegue nel seguente modo: nello stesso cristallizzatore nel quale era stata fatta la cristallizzazione del tritolo, viene aggiunto solfito nella quantità del 5% del peso presunto del tritolo. Siccome però il solfito cristallino contiene sette molecole d'acqua di cristallizzazione, il cui peso è uguale al peso molecolare del solfito e cioè 126, si dovrà mettere il 10% di solfito cristallino.

La reazione del solfito con trinitrotolueni non simmetrici è la seguente:

$$C_7H_5(NO_2)_3 + Na_2SO_3 \longrightarrow C_7H_5(NO_2)_2\ SO_3Na + NaNO_2$$

Si fa agire il solfito a 55-60° per un'ora e mezza a seconda della purezza che si vuol ottenere continuando ad agitare la massa, la quale si manda poi in un filtro ad aspirazione ove filtrano i composti solubili formatisi, lavando poi in acqua a 70-75° fino ad ottenere un prodotto giallo paglierino. Con questo lavaggio si asporta anche buona parte del dinitro che, a questa temperatura, è liquido.

I lavaggi necessari in genere sono sei o sette.

Da qui il tritolo viene trasportato in un apparecchio a fondo inclinato e a doppia parete per il riscaldamento dove viene fuso e lasciato decantare. Le impurezze pesanti vanno al fondo, mentre l'acqua si raccoglie alla superficie. La durata di questa operazione è di otto ore.

Si spilla quindi il tritolo, si fa scorrere su un piano riscaldato a 120-125° ove, a mezzo di un labirinto, è costretto a seguire un percorso tortuoso; il tritolo elimina così l'umidità che ancora poteva contenere. Il prodotto decomposto ed essiccato viene finemente suddiviso in granuli o in cristalli o in scagliette con punto di solidificazione di 80-80,5°.

Depurazione meccanica - Il TNT di ricupero quando non è impuro per altri esplosivi come T_4, tetrile, ac. picrico, pentrite, ecc. o per nitrato ammonico, si può depurare, dopo fusione, anche filtrandolo per aspirazione attraverso speciali filtri, chiarificandolo, in caso contenga bitume, con l'aggiunta di farine decoloranti, che naturalmente rimarranno sui filtri e quindi, facendo il vuoto nei tini, per togliere l'acqua e l'umidità. Con tale sistema ho ottenuto risultati ottimi purificando tonnellate di tritolo, il cui punto di solidificazione da 78-79° passava a 80,4-80,6°.

La granulazione si fa fondendo il prodotto non ancora essiccato a 100-110°, ciò che serve ad essiccarlo completamente e facendolo cadere attraverso un soffio d'aria, oppure fondendolo e facendolo cadere in acqua sotto agitazione. Di qui naturalmente deve essere portato in essiccatoi appositi. Il secondo sistema però non è conveniente.

La cristallizzazione si opera fondendo il prodotto finale, decantandolo per separare le impurezze e lasciandolo quindi cristallizzare.

Lo scagliettamento infine si opera mandando il tritolo fuso in una vaschetta nella quale pesca un tamburo rotante raffreddato internamente ad acqua, chiamata scagliettatrice (fig. 67). Il tritolo che viene ad aderire alla superficie

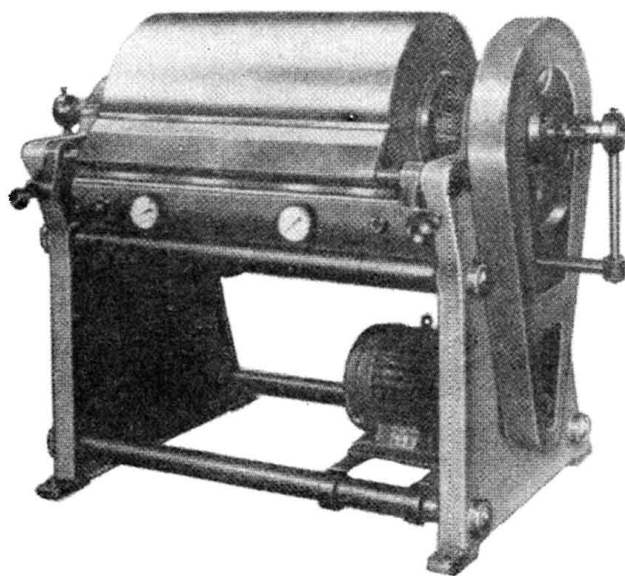



FIG. 67

Scagliettatrice.

del tamburo, durante la rotazione, solidifica sotto forma di velo sottile che, ad un certo punto, incontrando un coltello raschiatore di bronzo, si stacca frantumandosi in scagliette sottilissime. Fra i tre prodotti non vi sono differenze sostanziali.

Per fabbricare compresse (fig. 68) si è riscontrato che nella compressione, si raggiunge un'eguale densità con una pressione minore per il TNT cristallino che per il macrocristallino. Il TNT è più compatto se si adopera il granulare; il cristallino invece si rompe facilmente per cui è bene, per certe compresse, fare miscugli di TNT con graniture diverse.

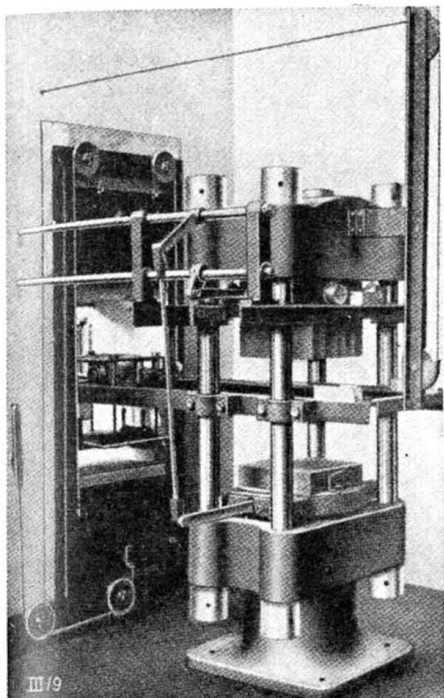



FIG. 68 - Pressa.

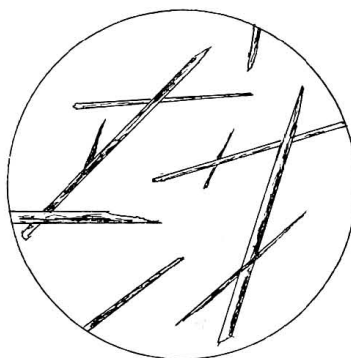



FIG. 69
Tritolo cristallizzato dall'alcool etilico.

Per la fabbricazione del TNT si sono studiati anche metodi a:

Nitrazione continua (Schmid e Biazzi): si realizza con tre nitratori alternati e tre separatori, dai quali il nitroderivato passa al nitratore successivo e la miscela esaurita degli acidi al precedente dopo essere stata rigenerata con altro acido nitrico. Però anche questo TNT con p. f. 75-76° va depurato, poichè contiene dal 5 al 7% di impurezze costituite da isomeri del 2-4-6 trinitrotoluolo e da dinitrotoluene.

Proprietà fisico-chimiche - Il tritolo si presenta sotto forma di cristalli romboedrici con densità reale di 1,65 e densità apparente di 1,1.

Non ha alcuna azione sui metalli. Il punto di fusione del TNT puro, come abbiamo visto, varia fra gli 80,5 e gli 81°, ma generalmente si fa il punto di solidificazione. Dall'alcool si ottiene di color bianco (fig. 69) poco solubile in acqua: a 15° se ne scioglie lo 0,021%, a 100° lo 0,164%, *ma a noi giunge sempre colorato in giallo.* Il TNT non è igroscopico, tuttavia a seconda del suo stato fisico (polvere, granuli, scaglie) può trattenere tracce di umidità fino allo 0,02 (W. J. Huff in Metall. Eng. pag. 570, 1919).

Il TNT è molto solubile in benzene, toluene, acetone (vedi tabella 35). Ha un peso specifico medio che si avvicina all'unità: ma quando è fuso e compresso, il suo peso specifico può salire anche a 1,59 che si può assumere come valore massimo raggiungibile. Questa densità è generalmente ottenuta per fusione e successive compressioni. Occorre però tener presente che il superare, sotto le presse (fig. 68) gli 1,55-1,57 è pericoloso in quanto può scoppiare. Il TNT si innesca meglio con l'azotidrato di piombo che col fulminato di mercurio.

Secondo Dautriche, il TNT polverizzato e compresso a varie compressioni ha la seguente densità:

Pressione in Kg/cm^2	Densità media
275	1,320
685	1,456
1375	1,558
2060	1,584
2750	1,592
3435	1,602
4125	1.610

Generalmente però nel TNT compresso si sta sugli 1,50-1,55 mentre nel TNT fuso si giunge fino a 1,58, e queste sono le densità con le quali si ottengono i migliori risultati balistici. Il TNT fuso, per esplodere, ha sempre bisogno di un detonatore secondario di TNT compresso o di T_4 o Pentrite o Tetrile.

TABELLA 35

Solubilità del TNT in grammi per 100 gr. di solvente

(da W. R. Tomlinson)

Solvente / *Temperatura*	0°C	20°C	40°C	60°C	70°C	80°C	100°C
Acqua	0,010	0,013	0,028	0,067	—	—	0,15
Acetone	57	109	228	600			
Benzene	13	67	180	468		> 2000	
Toluene	28	55	130	367		> 1700	
Tetracloruro di carbonio	0,20	0,65	1,75	6,90	17,3		
Etere	1,73	3,29					
Cloroformio	6	19	66	302			
Etanolo	0,62	1,25	2,85	8,4	15		
Solfuro di carbonio .	0,14	0,44	1,4				
Piridina		140	250	640	1250		
Acetato di metile . .		73	135				
Acido solforico . . .		4					

Il tritolo simmetrico, come quasi tutti i polinitrocomposti aromatici, è molto resistente agli acidi e molto stabile. Dall'ac. nitrico conc. viene trasformato sopra 110° nell'acido trinitrobenzoico corrispondente. Per azione dell'acido nitrico fumante, verso i 200°, si ottiene il trinitrobenzene simmetrico perchè l'acido trinitrobenzoico perde facilmente anidride carbonica; in soluzione di ac. solforico conc. ossida il trinitrotoluene ad ac. trinitrobenzoico.

La velocità di detonazione naturalmente varia con la densità come appare dalla seguente tabella:

Densità Kg/dm^2	0,8	1	1,2	1,3	1,4	1,5
Vel. det. m/s	3400	4150	5000	5350	6000	7000

Ecco le sue principali caratteristiche fisico-chimiche:

Densità massima	1,58
Temperatura di esplosione	240°
Temperatura della fiamma di esplosione	2800°
Calore di esplosione in Kal.	980
Velocità detonazione m/s (d. 1,5)	6700
Volume gas a 0° e 760 mm.	680 1/Kg.
Pressione specifica Atm/Kg.	8100
Trauzl cc.	285
Sensibilità berta da 2 Kg.	90 cm.

Il TNT è molto sensibile all'azione degli alcali e delle basi organiche, formando anche prodotti di addizione intensamente colorati in rosso. Con quasi tutti gli idrocarburi aromatici a più anelli benzenici, forma composti di addizione colorati in giallo. *Gli alcali caustici od anche i carbonati alcalini danno, col TNT, una colorazione rosso intensa.*

Nella pratica, secondo Giua e Reggiani, è assolutamente da sconsigliare qualsiasi trattamento del tritolo con alcali caustici, in quanto pare che tali composti colorati siano instabili.

La manipolazione del TNT, a molti individui, dà disturbi di vario genere specialmente ai reni, che si possono però attutire molto somministrando latte e mediante docce giornaliere.

Azione del calore e della luce sul tritolo - Col riscaldamento il TNT dapprima fonde dai 76 agli 81°, verso i 240° brucia senza deflagrazione. Deflagra soltanto se riscaldato rapidamente sopra 240°. Il tritolo può essere distillato nel vuoto ad una pressione di 10-12 mm. con un punto di ebollizione di 210-212°. L'olio giallognolo che distilla si rapprende in una massa bianca striata da grossi cristalli aghiformi lucenti.

Per riscaldamento in presenza dell'aria, a 180-200° il punto di fusione si abbassa di vari gradi e questo abbassamento è indizio di decomposizione dovuta naturalmente oltre che alla temperatura, alla durata di riscaldamento. **Nei locali e sui recipienti dove si lavora il TNT si formano spesso dei cristalli aghiformi bianchi che possono essere pericolosi.** E' da notare che il TNT, in caso di incendio, non sempre si comporta nello stesso modo; infatti molte volte è esploso (1906 a Widden in Inghilterra, 1916 a Cengio in Italia, 1936 a S. Chamas

in Francia, 1938 a Colleferro in Italia), altre volte no come in un deposito militare di 60 Tonn. in Italia, in cui tale quantitativo si limitò a bruciare.

La luce ha un'influenza sul tritolo molto notevole. Alla luce diffusa il tritolo si colora in giallo scuro. Fu fatta un'esperienza, cioè si mise del tritolo in tubo aperto al sole per tre mesi. Il punto di fusione della parte influenzata scese a 74°, mentre un'esposizione ugualmente prolungata in tubo di vetro saldato, dal quale era stata in precedenza eliminata l'aria, ha lasciati quasi invariati il colore e il punto di fusione del tritolo.

Nel 1925 S. Schultz ha trovato che la luce produce una vera trasformazione chimica nel tritolo con formazione di derivati chinossimici che hanno un punto di fusione elevato. Il processo fu rappresentato con lo schema:

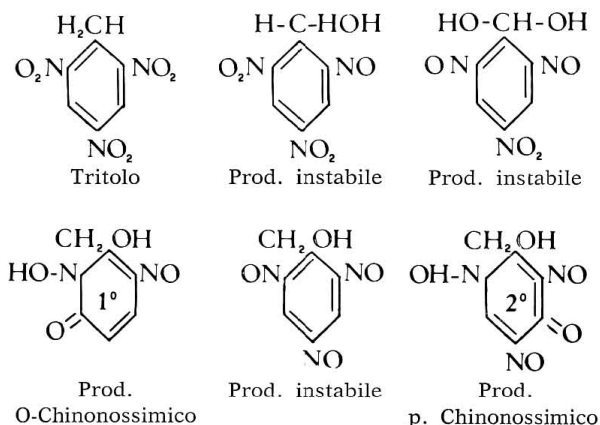
H_2CH / O_2N / NO_2 / NO_2 — Tritolo

H-C-HOH / O_2N / NO / NO_2 — Prod. instabile

HO-CH-OH / ON / NO / NO_2 — Prod. instabile

CH_2OH / HO-N / NO / 1° / O — Prod. O-Chinonossimico

CH_2OH / ON / NO / NO — Prod. instabile

CH_2OH / OH-N / NO / 2° / O / NO — Prod. p. Chinonossimico

Il prodotto 1° è colorato in nero, fonde sopra 80° e si comporta come una vera sostanza colorante rossa: è solubile in acqua. Il prodotto 2° è bruno e si scompone per ebollizione con alcool. Il tritolo imbrunito superficialmente dalla luce, si può purificare per riscaldamento col miscuglio nitrico solforico, che distrugge i prodotti ora indicati, mentre con acqua non si riesce ad ottenere una purificazione completa.

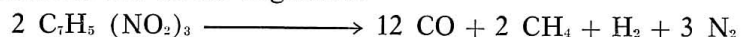
Raggi ultravioletti - Anche i raggi ultravioletti colorano il tritolo, ma questa azione non è diversa nè più intensa della luce solare.

Il tritolo è un esplosivo povero di ossigeno, però i modi di decomposizione di questa sostanza sono diversi; l'equazione di decomposizione è:

$$4\ C_6H_2\ (CH_3)(NO_2)_3 = 28\ CO_2 + 10\ H_2O + 6\ N_2 + 21\ O_2$$

mancano quindi 21 atomi di ossigeno perchè l'ossidazione sia completa.

Secondo Giua, se nella decomposizione esplosiva del TNT ha luogo la formazione di metano per combinazione dell'idrogeno col carbonio, l'equazione può essere rappresentata nel modo seguente:

$$2\ C_7H_5\ (NO_2)_3 \longrightarrow 12\ CO + 2\ CH_4 + H_2 + 3\ N_2$$

A questa deficenza di ossigeno negli esplosivi da mina, come vedremo, si è riparato aggiungendo nitrato ammonico, nitrato di potassio, nitrato di sodio ed altri prodotti più ricchi di ossigeno.

Gli esplosivi polverulenti tipo **Amatoli** contengono dal 14 al 20% di TNT acquistando una potenza considerevole. Il tritolo serve benissimo unito al nitrato ammonico a freddo a fare esplosivi detti «ad alta temperatura» usati nelle gallerie molto calde, e fondendolo sotto il nome di amatolo 60/40 per il riempimento di granate, bombe o mine, o adoperando solo tritolo fuso o mescolato ad altri componenti, quali T_4, Pentrite e Alluminio, per il caricamento di mine, proiettili, siluri, ecc. A titolo di curiosità dirò che la carica di scoppio di un proiettile pesa circa il 10% del peso totale del proiettile.

Non bisogna mai dimenticare che il tritolo, negli esplosivi da mina, va aggiunto sotto forma di polvere il più fine possibile, altrimenti non si ottengono i rendimenti desiderati, meglio ancora è la molazzatura, o addirittura la sua fusione a circa 90° con nitrato ammonico in impastatrici tipo Werner e successivo raffreddamento nell'impastatrice stessa (fig. 94) come diremo più avanti.

ANALISI DEL TRITOLO

Punto di solidificazione - Si versano gr. 50 di TNT in un tubo da saggio di vetro del diametro di mm. 25,5 × 152,5 di altezza e si porta a 95-100° per scioglierlo. Indi si dispongono i termometri come in (fig. 70) di cui quello standard (fig. 71) deve avere una suddivisione di 1° C ed essere a circa 1 cm. dal tritolo fuso. Quindi si agita, durante la determinazione, l'agitatore di ottone o di alluminio in su e in giù. Ad un dato momento vedremo che la temperatura cessa di scendere e comincia a risalire per il calore di solidicazione. Quindi discenderà ancora finchè rimarrà costante per qualche minuto e questo sarà il punto di solidificazione non corretto.

Si calcola allora la correzione della parte di termometro che emerge:

$$\text{Campione (in gradi C)} = N\ (T\text{-}t)\ (0{,}00016)$$

in cui:

N = numero gradi della colonna sporgente di mercurio
T = punto solidificazione non corretto
t = temperatura media della colonna sporgente di mercurio.

Si calcola « il punto di solidificazione **corretto** » aggiungendo tale correzione « al punto di solidificazione **non corretto** » tenendo conto, naturalmente, qualora il termometro avesse una tabella di correzione, di tale correzione. Il punto di solidicazione per il TNT A.P. deve essere 80,2°-80,6°.

Umidità - 20 gr. di tritolo si mettono in stufa a 70° in un pesafiltro tarato e si calcola la perdita di peso. Max = 0,10%.

Sostanze insolubili - 20 gr. di tritolo si pesano in un crogiolo filtrante tarato G 3 e si sciolgono con 100 cc. di benzolo lavando molto bene. Si secca a 100°, si raffredda e si pesa. L'aumento di peso del crogiolo dà la percentuale di materie insolubili in benzene; Max 0,05%.

Acidità - Si fondono in 100 cc. di acqua distillata 10 gr. di TNT e si sbattono molto bene. Si raffredda a fondo, si filtra e si conserva l'estratto acquoso. Il TNT sul filtro si fonde ancora in 50 cc. di acqua distillata bollente. Si filtra e si riuniscono i due strati, si raffredda e si titola con NaOH N/20, usando come indicatore rossocresolo. Si calcola l'acidità in percentuale di H_2SO_4.

Alcalinità: ad una aliquota dell'estratto di cui sopra, si aggiungono alcune gocce di bleu di bromotimolo. Se si ha una colorazione bleu, il TNT è alcalino e quindi non va bene poichè non è tollerata alcalinità.

ESPLOSIVI DA GUERRA CON TRITOLO

Amatolo - Ve ne sono di due tipi:

1) E' formato da 80% di nitrato ammonico e 20% di tritolo ed è polverulento. Si carica nei proiettili generalmente per compressione e viene fabbricato in impastatrici mettendo prima il nitrato ammonico e quindi il TNT, riscaldando a

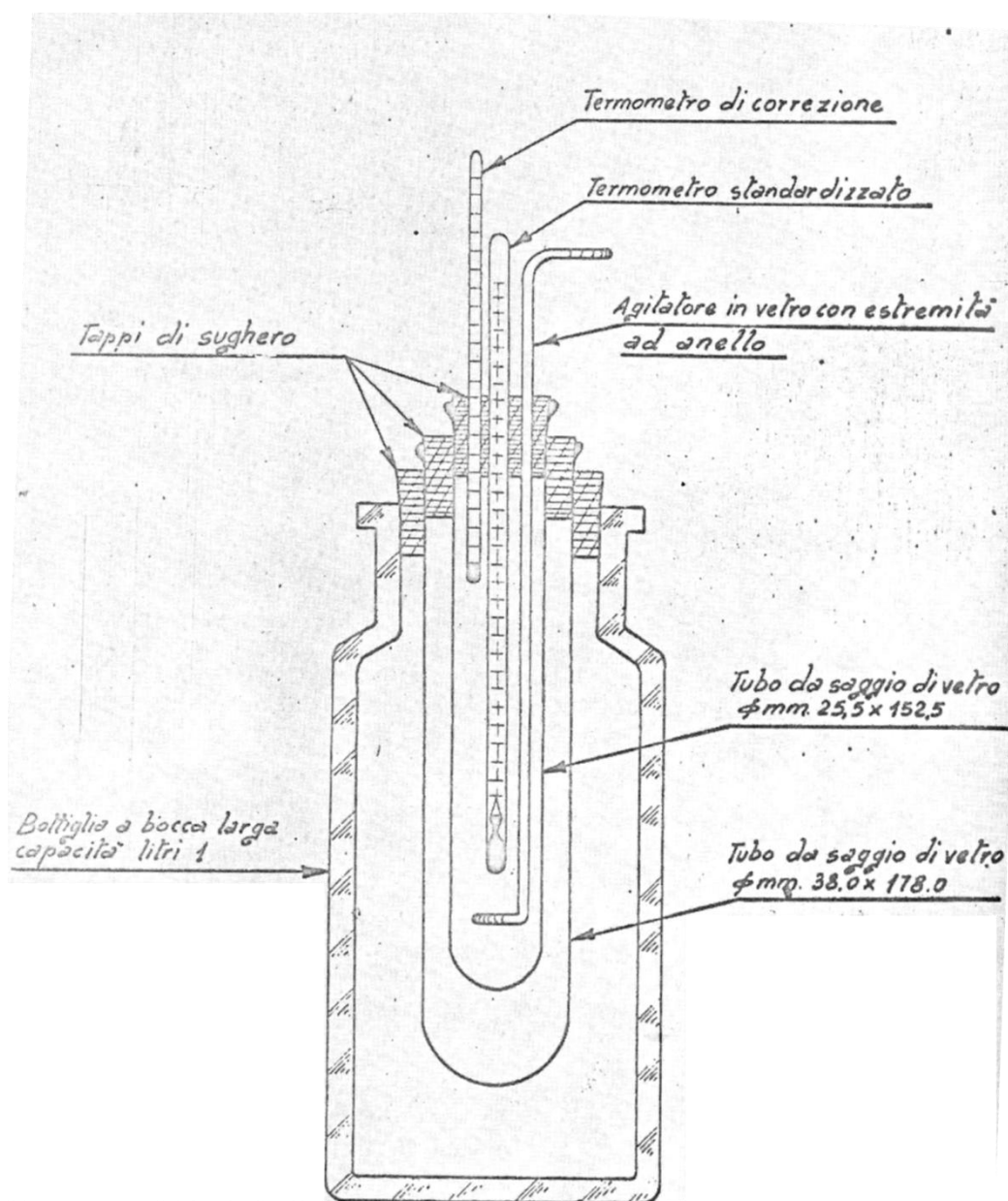



FIG. 76 - Apparecchio per punto di solidificazione del Tritolo.

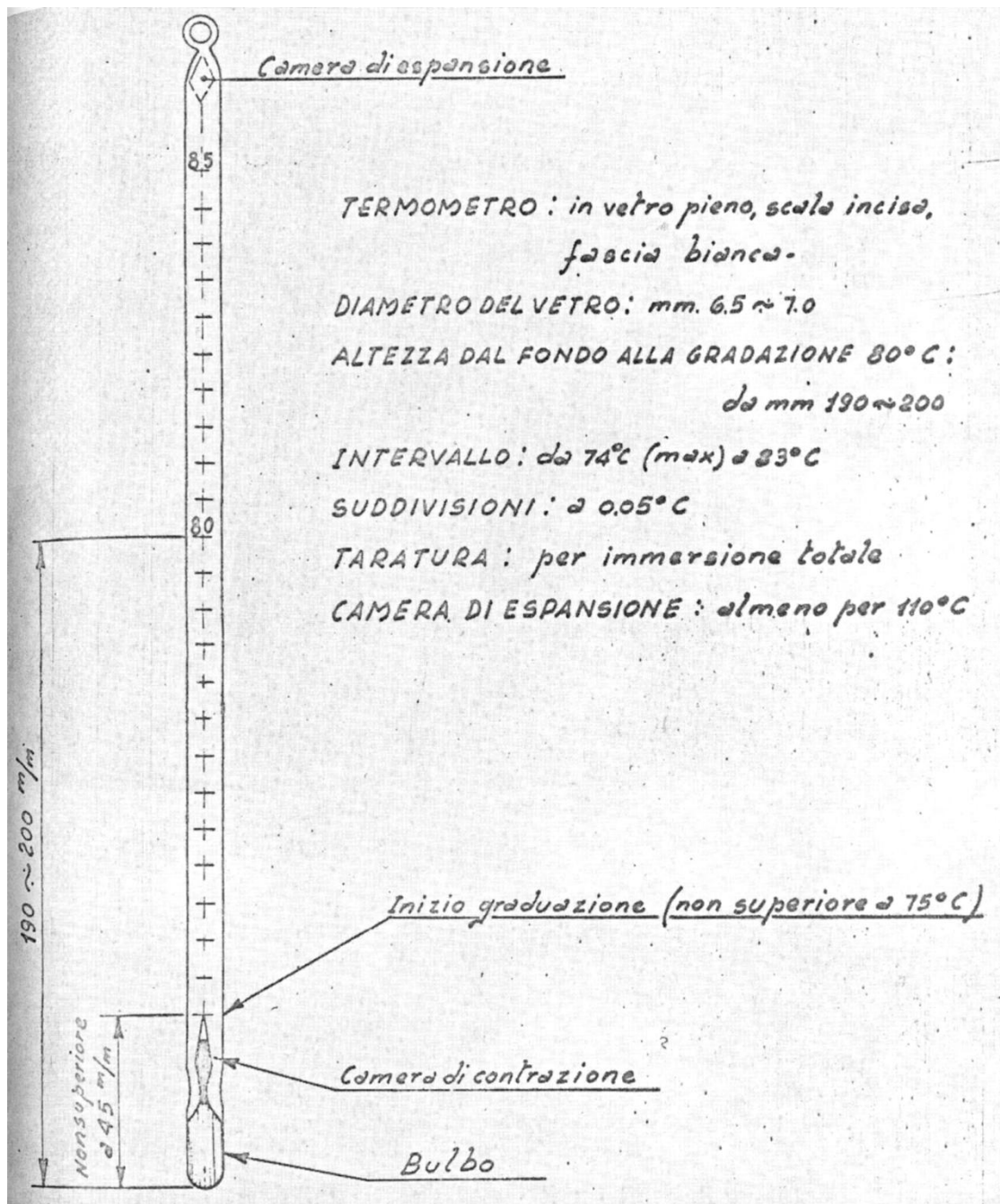



FIG. 71 - Termometro standardizzato per punto di solidificazione del Tritolo.

95° circa e raffreddando tenendo sempre in movimento le pale. E' ottimo anche per esplosivo da mina. Trauzl netto 390 cc. In Germania è chiamato **Fullpulver**, in Francia **NT** (70-30).

2) E' formato da nitrato ammonico 60% e TNT 40%. Questo tipo si carica per fusione e la sua fabbricazione viene fatta generalmente dentro planetari (fig. 72) a 95° dopo aver asciugato molto bene il nitrato. E' di color giallo

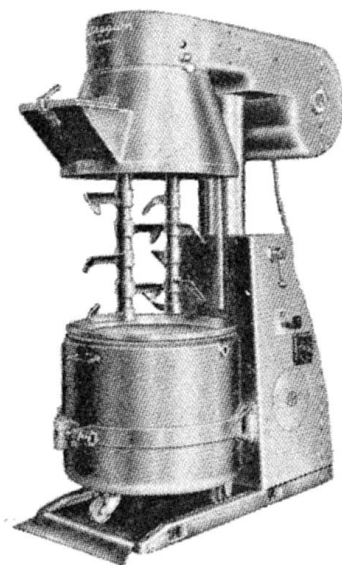



FIG. 72

Planetario.

o rosso vino a seconda del nitrato adoperato e cioè o bianco o rosso. Il caricamento, onde eliminare caverne, è bene sia fatto, sia per il TNT che per l'amatolo 60/40, quando il TNT o la miscela sia allo stato pastoso (semolato). Trauzl netto 400 cc. Essendo fuso abbisogna di detonatore secondario.

Tritolital - Composto da 60% di TNT, 20% di T_4 e 20% di Alluminio. (Vedi più avanti).

Tritonal - Composto da 80% di TNT e 20% di Alluminio. Si fonde come il Tritolital e si carica in bombe ad involucro leggero. E' indicato per armi subacquee. E' di color grigio. Trauzl = 350 cc. (vedi più avanti).

Tetritol - Composto del 75% di tetrile e 25% di TNT. Anche questo si carica per fusione in cariche di demolizione. E' di color giallo. Trauzl = 350 cc.

Torpex - Composto di TNT 38%, T_4 44%, Alluminio 18%. (Vedi più avanti).

Toluol Ammonal - E' composto dal 74% di nitrato ammonico, 30% di TNT, 22% di Alluminio, 1% di carbone adoperato sempre per armi subacquee. Trauzl netto 380 cc., Hess = Totale 25,1 mm. Cil. inf. 4,5 mm. Cil. superiore 20,2 mm.

Miscela tedesca per armi subacquee - E' composta da TNT 62%, esanitrodifenilammina 23%, Alluminio 15%. Si carica per fusione ed ha un Trauzl = 400 cc.

Picratol - E' composto di 52% di picrato d'ammonio e 48% di TNT. Fu usato per caricare proiettili semiperforanti. Trauzl = 380 cc.

Tritolite.
Ciclotol.
Compound B.
PTX.
PTX 2.

Questi esplosivi sono descritti al paragrafo « **Miscele colabili a base di T_4** » più avanti.

Miscela HXB - E' composta di T_4, TNT, e Alluminio con flemmatizzante. Ha una potenza uguale al Torpex e al Tritolital.

TAVOLA DELLA NITRAZIONE DEL TOLUENE

Toluene

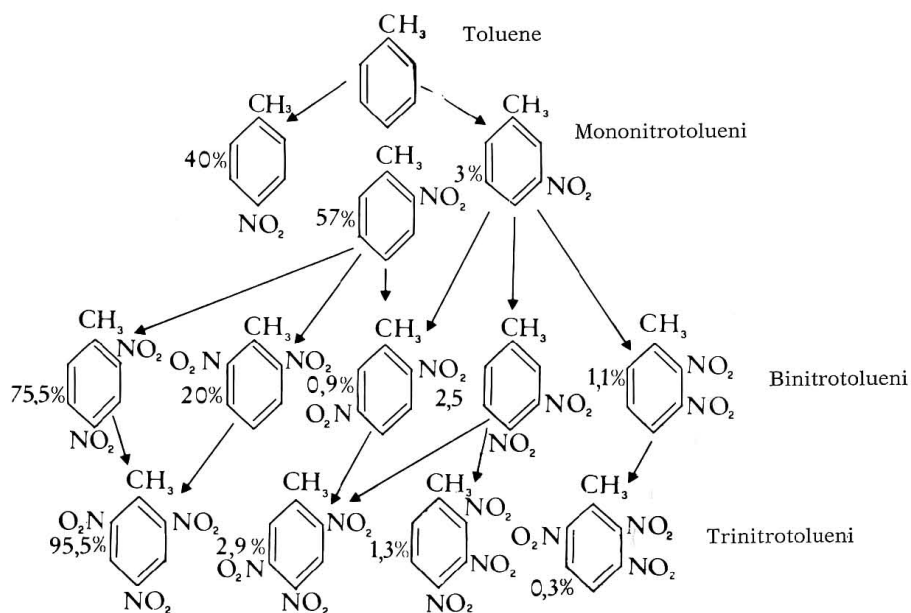
Mononitrotolueni

40% — 57% — 3%

Binitrotolueni

75,5% — 20% — 0,9% — 2,5 — 1,1%

Trinitrotolueni

95,5% — 2,9% — 1,3% — 0,3%

CAPITOLO TERZO

NITRODERIVATI DEGLI XILENI

Gli xileni o dimetilbenzeni $C_6H_4(CH_3)_2$ si ritrovano nei prodotti liquidi della distillazione del legno, nel catrame di carbon fossile e in molte varietà di petroli.

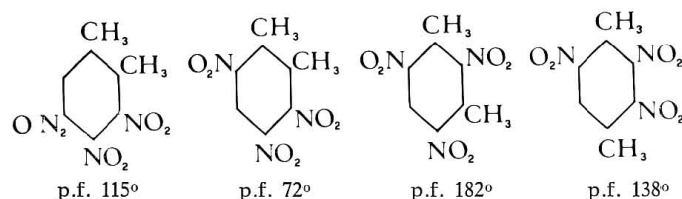
Lo xilene greggio che è un miscuglio di tre isomeri, orto, meta, para, si ottiene dagli olii leggeri del catrame di carbon fossile. E' costituito dal 20-25% di orto-xilene, 55-60% di meta-xilene e 10-20% di para-xilene.

Lo xilene quindi esiste in tre forme isomere e, trattato con miscela solfonitrica, forma un miscuglio di quattro trinitroxileni.

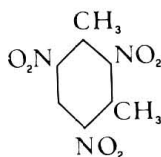
CH_3, CH_3, O_2N, NO_2, NO_2 — p.f. 115°

CH_3, O_2N, CH_3, NO_2, NO_2 — p.f. 72°

CH_3, O_2N, NO_2, CH_3, NO_2 — p.f. 182°

CH_3, O_2N, NO_2, NO_2, CH_3 — p.f. 138°

TRINITROMETAXILOLO O XILITE (p.m. 241,084)

Tale composto, come si vede dalla formula:

CH_3, O_2N, NO_2, CH_3, NO_2

ha una disposizione simmetrica dei gruppi nitrici e quindi è l'unico di tali composti che sia stabile. La sua separazione dagli altri xiloli però non è facile. Dato poi che è molto povero di ossigeno e piuttosto caro, si è preferito ricorrere al tritolo. La sua nitrazione è molto

simile a quella del tritolo, ma il rendimento finale è basso, non superando il 170% dell'idrocarburo rispetto al 229% del teorico. Si prepara nitrando il m-xilene con un miscuglio concentrato di ac. nitrico e solforico e nitrando con ac. nitrico il dinitroxilene 2-6 (fig. 73). Questo

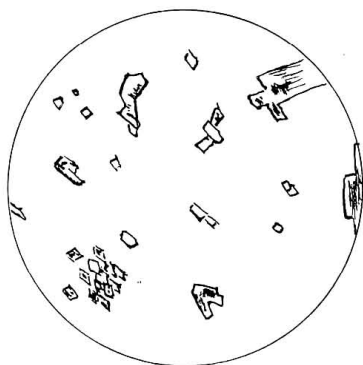



FIG. 73

2-4-6 trinitrometaxilene cristallizzato dall'acetone.

prodotto di composizione non molto costante, ha trovato applicazione nella guerra 1915-1918 in miscela con nitrato ammonico, e, data la sua alta temperatura di fusione che è di 182°, si è mescolato all'acido picrico e al tritolo per avere miscele fusibili che furono denominate:

Monachite miscuglio di nitroxileni, ottenuto nitrando lo xilene grezzo ricavato dal catrame di carbon fossile con nitrato ammonico e farina.

NX - Nitrato ammonico 77% e Xilite 23%.

M.T.X. - Melinite 55%, tritolo 35%, Xilite 10%.

Il trinitroxilolo cristallizza dall'alcool in bianche lamelle che però alla luce ingialliscono e fondono a 182°.

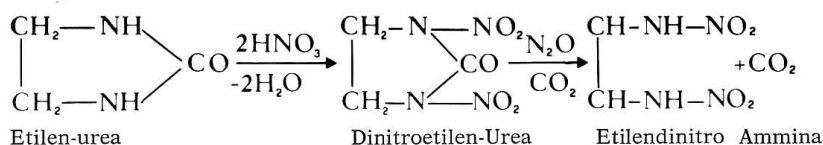
CAPITOLO QUARTO

DERIVATI NITRICI DELLE AMMINE E AMIDI

ETILENDINITROAMMINA O EDNA (p.m. 150,08)

Quantunque preparata fin dal 1887 da Franchimont, fu usata, durante l'ultima guerra, solo dagli Stati Uniti con la sigla *EDNA*. Non potendosi preparare per nitrazione diretta dalla etilendiammina, si ricorre alla nitrazione della etilen-urea o 2-imidazolidone e nella successiva idrolisi del nitroderivato risultante:

$$\begin{matrix} CH_2-NH \\ | \\ CH_2-NH \end{matrix} \!\!>\! CO \xrightarrow[-2H_2O]{2HNO_3} \begin{matrix} CH_2-N-NO_2 \\ | \\ CH_2-N-NO_2 \end{matrix} \!\!>\! CO \xrightarrow[CO_2]{N_2O} \begin{matrix} CH-NH-NO_2 \\ | \\ CH-NH-NO_2 \end{matrix} + CO_2$$

Etilen-urea — Dinitroetilen-Urea — Etilendinitro Ammina

Preparazione - Si prende una parte di etilenurea e dieci parti di miscela contenente il 74% di ac. solforico, il 15,4% di ac. nitrico e il 10,6% di acqua, si fa bollire in acqua agitando e si versa in acqua gelata, si filtra e si lava a fondo. Quindi si sospende la dinitroetilenurea in acqua e si mantiene in ebollizione fino a che tutta l'anidride carbonica è scomparsa. Raffreddando a temperatura ambiente si ha la precipitazione della etilendinitroammina sotto forma di cristalli bianchi con p.f. 117° contenente circa il 94% di etilendinitroammina.

Caratteristiche fisiche-chimiche - Ha peso specifico 1,70 e fonde decomponendosi, a 177° C.; è solubile in alcool e nitrobenzolo, insolubile in etere, poco in acqua (0,3%). Ha una velocità di detonazione con densità 1,6 di circa 7000 m/s, un Vol. specifico di 908 lt/Kg. e un calore specifico in calorie di 1276 Kcal/Kg.

Non è un prodotto tossico, non è sensibile all'urto, ma il suo sale di Piombo ha la sensibilità del fulminato di mercurio; viene impiegato per usi militari come esplosivo dagli americani nei detonatori secondari col nome di **Haleite.**

L'EDNA, come esplosivo di caricamento, può essere paragonato alla **melinite** e alla **Tonite.** Non si presta per caricamenti per fusione in quanto si decompone

prima di fondere e cioè verso i 160°. E' stato adoperato anche in miscela con nitrato ammonico 50/50 risultando leggermente superiore all'uguale miscela di amatolo (TNT 50%-NH_4NO_3 50%). Per innescarlo però occorrono detonatori molto potenti, superiori a quelli per l'amatolo.

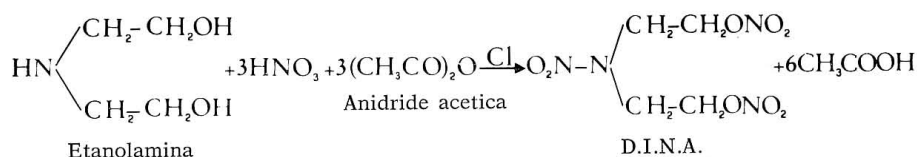
L'Ednatol è una miscela di etilendinitroammina con tritolo e fu usata specialmente nel caricamento di granate, razzi, cariche cave. E' molto potente e stabile, ma ha tendenza a combinarsi coi metalli, non produce effetti tossici. Ha una velocità di detonazione di circa 6000 m/s con densità 1,6.

D.I.N.A. O DI-(NITRO-OSSIETIL)-NITROAMMINA (p.m. 240,032)

Anche questo composto fu usato dagli Stati Uniti nella seconda Guerra Mondiale.

Preparazione - Si ottiene nitrando la dietanolamina in presenza di piccole quantità di ac. cloridrico con ac. nitrico nella proporzione di uno di Di-(nitro-ossietil)-nitroammina; 3,2 di ac. nitrico e 3,4 di anidride acetica; in pratica però, come sorgenti di ioni cloro si usa una piccola quantità di cloridrato di dietanolammina e precisamente lo 0,05 per una parte di dinitroammina, con un rendimento del 90%.

$$HN\begin{cases}CH_2-CH_2OH\\CH_2-CH_2OH\end{cases} + 3HNO_3 + 3(CH_3CO)_2O \xrightarrow{Cl} O_2N-N\begin{cases}CH_2-CH_2ONO_2\\CH_2-CH_2ONO_2\end{cases} + 6CH_3COOH$$

Etanolamina — Anidride acetica — D.I.N.A.

La dinitro-ossietil nitroammina chiamata *D.I.N.A.* è solida e incolora e fonde a 49,5-51,5°; ha stabilità inferiore alle altre nitroammine che citeremo, ma superiore alla nitroglicerina; la sensibilità all'urto è pari alla trimetilentrinitroammina. A densità 1,47 ha una velocità di detonazione di circa 7300 m/s e un buon potere dirompente. E' stata adoperata come componente di polveri colloidali in sostituzione della nitroglicerina, ma, data la sua alta sensibilità, non è stata adoperata come esplosivo di scoppio. Gelatinizza bene la nitrocellulosa.

Fu adoperata dagli Stati Uniti per fare la **Albanite,** adoperata come polvere per cannoni da marina perchè senza vampa e miscelata alla nitroguanidina che ha funzione refrigerante e antifiamma.

NITROGUANIDINA (p.m. 104,07)

Fu scoperta e studiata da Jousselin (1874), Pellizzari (1891) e da Thiele (1892).

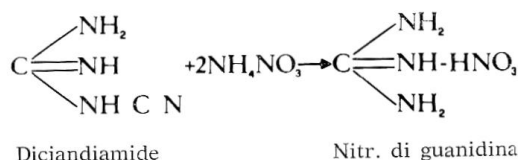
Questa ammina fu adoperata, come vedremo, in varie miscele e fu specialmente usata con nitroglicerina e nitrocellulosa per ridurre l'elevata temperatura da esse generata durante la detonazione.

Però se n'è quasi abbandonato l'uso:

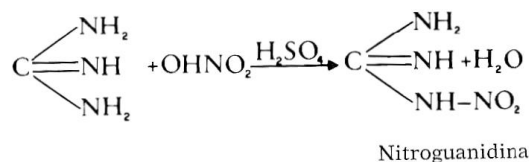
1) perchè si è constatato che gli esplosivi a base di nitroguanidina sono alquanto sordi all'innesco;
2) perchè vi sono altri prodotti meglio rispondenti;
3) per il suo costo sensibilmente elevato.

Fabbricazione - Il prodotto di partenza è la diciandiammide che si ottiene dalla calciocianamide commerciale per lisciviazione con acqua calda e cristallizzazione per evaporazione. Nella tecnica si ottiene il nitrato di guanidina, riscaldando a fusione una miscela di diciandiammide e di nitrato ammonico:

$$C\begin{cases}NH_2\\=NH\\NH\ C\ N\end{cases} + 2NH_4NO_3 \rightarrow C\begin{cases}NH_2\\=NH\text{-}HNO_3\\NH_2\end{cases}$$

Diciandiamide — Nitr. di guanidina

Trattando 2 parti di H_2SO_4 al 92% che funziona da disidratante con una parte di nitrato di guanidina, si ha la nitroguanidina:

$$C\begin{cases}NH_2\\=NH\\NH_2\end{cases} + OHNO_2 \xrightarrow{H_2SO_4} C\begin{cases}NH_2\\=NH\\NH-NO_2\end{cases} + H_2O$$

Nitroguanidina

Naturalmente la reazione non avviene in modo così semplice. Per sommi capi in laboratorio si può operare nel seguente modo: in un recipiente si mettono gr. 50 di cianguanidina e si aggiungono, agitando continuamente con agitatore meccanico, 200 cc. di ac. solforico riscaldando fino a 180° per fare evaporare l'CO_2.

Si lascia quindi raffreddare; a 30° la soluzione diventerà torbida e densa. Si immerge il recipiente nell'acqua corrente a 15° e si aggiungono 180 cc. di miscela nitrante (200 cc. di H_2SO_4 con d. = 1,84 e 90 cc. di HNO_3 con d. = 1,38).

Questa quantità di acido contiene gr. 50 di ac. nitrico, ossia un eccesso di 1,31.

Terminata l'aggiunta di questa miscela, si vuota il recipiente in 1500 cc. di acqua continuando ad agitare e non lasciando salire la temperatura al disopra di 25°.

La nitroguanidina si separa subito sotto forma di massa cristallina di aspetto lucente che poi viene lavata ancora con acqua, quindi con alcool ed etere ed infine con etere assoluto. Rimane così una sostanza bianca. Nei casi di miglior rendimento si arriva ad avere gr. 42,5 di sostanza finale.

Proprietà fisico-chimiche - La nitroguanidina (fig. 74) cristallizza

in aghi con p.f. 230°, il suo peso specifico è di 1,715, ma la densità della sostanza cristallizzata è solamente 0,3; è solubile in alcool metilico, etilico ed acetone ed in ac. nitrico concentrato bollente. Ha carat-

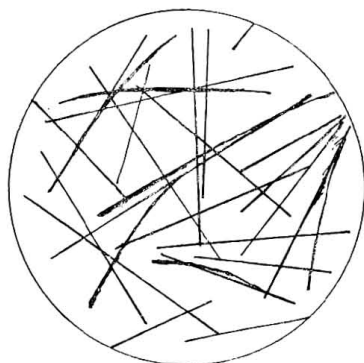
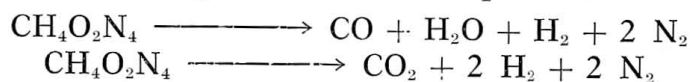



FIG. 74

Nitroguanidina cristallizzata dall'acqua.

tere acido. E' quasi insolubile in acqua fredda, più solubile a caldo, brucia all'aria, è poco sensibile agli urti, abbastanza stabile e quasi insensibile all'umidità. E' un esplosivo dirompente, povero di ossigeno. Ha una temperatura di esplosione molto bassa. Sotto l'influenza del fulminato di mercurio esplode secondo l'equazione:

$$CH_4O_2N_4 \longrightarrow CO + H_2O + H_2 + 2\ N_2$$
$$CH_4O_2N_4 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2 + 2\ N_2$$

Le sue caratteristiche più importanti sono:

Peso specifico	1,71
Temperatura di decomposizione esplosiva	275°
Temperatura della fiamma di esplosione	2000°
Calore formazione Kcal/Kg.	182
Calore di esplosione in Kcal/Kg.	780
Forza in Kg/cm.²	7600
Volume gas in litri	1077
Velocità di detonazione m/s	7600
Cavità al blocco di piombo, Trauzl	305 cc.
Sensibilità alla berta da Kg. 2	oltre 80 cm.
Bilancio di O_2	— 30,7%

Riporterò delle prove per esplosivo da mina eseguite nel 1939: si fecero quattro piccoli impasti e precisamente i seguenti:

	%	%	%	%
Nitroguanidina	28	28	19	15
Nitrato ammonico	70	68	76	50
Siliciuro di calcio	2	—	5	5
Olio	—	4	—	—
Nitrato di piombo	—	—	—	30
Trauzl cc	350	325	325	360

Le prove furono poi abbandonate perchè si vide che l'esplosivo non era conveniente e poco redditizio come potenza.

In passato era stato studiato un esplosivo per il riempimento di proiettili chiamato **Albite** che non era se non una miscela fisica ottenuta per fusione eseguita alla temperatura di 140-150° dei tre seguenti ingredienti:

Nitroguanidina . . .	19,10%
Nitrato di guanidina . .	22,30%
Nitrato di ammonio . .	58,60%

Ma le prove che furono ripetutamente eseguite, rivelarono alcuni difetti e precisamente: che tale esplosivo era igroscopico come quelli al nitrato ammonico, che aveva una velocità di detonazione molto bassa per cui richiedeva un forte detonatore, che aveva un potere frantumante molto basso, e infine un alto costo. Fu definitivamente scartato. Aveva un Trauzl di 300 cc.

Di tali esplosivi ne furono preparati successivamente altri due chiamati **Umbrite A** e **Umbrite B** aventi le seguenti formule:

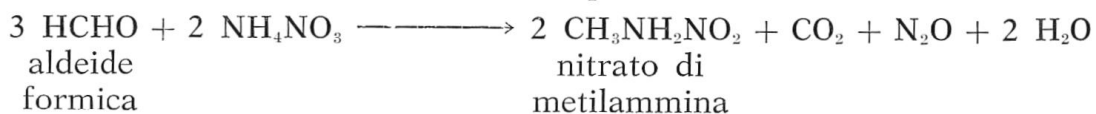
	A %	B %
Nitroguanidina	48,40	45,10
Nitrato ammonico	37,30	41,40
Ferro silicio	14,30	13,50
Trauzl cc.	260	340

Ambedue però col risultato dell'Albite.

In Inghilterra è stata usata la **Cordite N** contenente nitrocellulosa, nitroglicerina e nitroguanidina come raffreddanti e negli Stati Uniti l'**Albanite** miscuglio di TNT e nitroguanidina. **La nitroguanidina** è stata proposta come raffreddante della balistite e quindi per diminuire l'erosione delle bocche da fuoco, ma le sue proprietà acide e la produzione di forti quantità di gas combustibili nocivi e l'alto prezzo ne hanno limitato l'applicazione.

NITRATO DI METILAMMINA (p.m. 94,016)

Il nitrato di metilammina si prepara nel seguente modo: a 200 gr. di nitrato ammonico che apportano gr. 35 di azoto ammoniacale si aggiungono gr. 155 di soluzione di formalina contenenti gr. 56,5 di aldeide formica. In tal modo il nitrato si scioglie con una reazione vivace e sviluppo di CO_2 secondo l'equazione:

$$\underset{\text{aldeide formica}}{3\ HCHO} + 2\ NH_4NO_3 \longrightarrow \underset{\text{nitrato di metilammina}}{2\ CH_3NH_2NO_2} + CO_2 + N_2O + 2\ H_2O$$

e contemporaneamente la temperatura si eleva fino a circa 95° distillando un poco di formolo.

Per circa un'ora e mezza si mantiene la temperatura a 101-102° continuando la distillazione della formaldeide e dell'acqua fino ad essiccamento completo, dopo di che si cessa il riscaldamento.

Il prodotto così ottenuto ha una temperatura di 101-102°.

A seconda della quantità di nitrato ammonico, si ottengono ammine mono, bi e tri-sostituite. Lavorando con nitrato ammonico in eccesso si può ottenere metilammina a circa il 3% di trimetilammina.

Con la reazione sopra descritta, si ottiene un prodotto formato di metilammina e nitrato ammonico.

Però tale miscuglio, a causa della sua deliquescenza, si presta male ad essere adoperato come esplosivo, per cui si è proposto di mescolarlo con nitroguanidina, la quale assorbe e mantiene bene le ammine che si separano liquide.

La composizione che è stata indicata è la seguente:

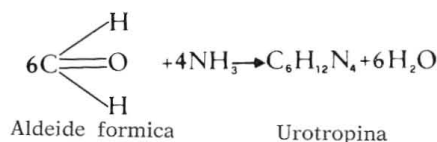
Nitrato ammonico . . .	63%
Nitrato di metilammina .	16%
Nitroguanidina	21%

TRIMETILENTRINITROAMMINA O T_4 (p.m. 222,1)

Tale composto denominato in Italia T_4, in Germania e in Francia *Hexogene,* in Inghilterra *Ciclonite,* negli Stati Uniti *RDX* fu preparato fin dal 1899 da Henning. In Italia si cominciò a fabbricarlo poco prima della seconda guerra mondiale e successivamente ne seguirono l'esempio, introducendo anche nuovi sistemi, la Germania e il Nord America.

Si prepara per nitrazione della esametilentetrammina o urotropina, che a sua volta si ottiene per azione dell'ammoniaca sulla formaldeide in soluzione satura:

$$6\,H_2C{=}O + 4NH_3 \rightarrow C_6H_{12}N_4 + 6H_2O$$

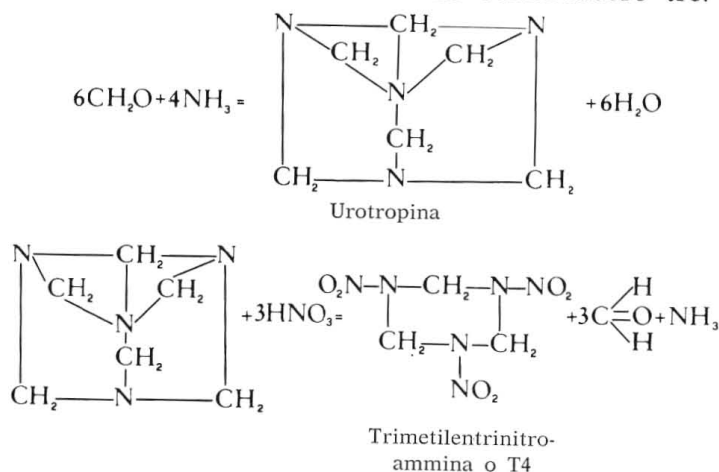
Aldeide formica — Urotropina

Trattando la soluzione di urotropina con HNO_3, si fa precipitare il nitrato di urotropina sotto forma di polvere cristallina che viene raccolta su filtro, lavata e seccata.

Quindi il nitrato di urotropina viene passato alla nitrazione che non può essere fatta (come in altre numerose fabbricazioni) con miscela di acido nitrico e solforico, **perchè quest'ultimo impedirebbe la nitrazione e provocherebbe decomposizioni violentissime.** Si nitra invece trattando con agitazione continua, il nitrato di urotropina **con 6 parti di ac. nitrico di alta concentrazione** (98-99°) fortemente raffreddata mentre teoricamente ne basterebbero tre.

$$6CH_2O + 4NH_3 = C_6H_{12}N_4 \text{ (Urotropina)} + 6H_2O$$

$$C_6H_{12}N_4 + 3HNO_3 = (CH_2-N-NO_2)_3 + 3\,H_2C{=}O + NH_3$$

Urotropina

Trimetilentrinitro-ammina o T4

Si forma così il T_4 che si separa dal liquido già, in parte, alla fine della nitrazione. Per ottenere la separazione completa del T_4 si diluisce cautamente (in apparecchio di alluminio o acciaio inossidabile ad azione continua) la massa, in modo che la concentrazione dell'ac. nitrico scenda al 45%. Si ottiene così un liquido che contiene in sospensione il T_4 sotto forma di polvere finissima che si raccoglie su un filtro di alluminio su cui è steso un panno di lana.

Sui filtri, il T_4 viene lavato sommariamente e poi passato alla disacidazione che si ottiene iniettando il T_4 in corrente di acqua, in tini di alluminio. La massa viene tenuta in lenta agitazione quindi si decanta l'acqua e si ripete diverse volte il trattamento.

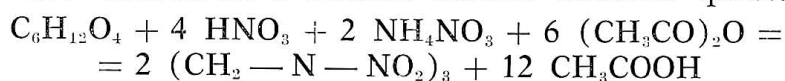
Il T_4 sospeso in acqua, viene passato a tini di legno dove si stabilizza lavandolo con acqua bollita e soluzione diluitissima di carbonato sodico. Infine si raccoglie su filtri a vuoto od in centrifughe e così si ha un prodotto contenente circa 10% di umidità. Questo viene sottoposto ad essiccamento introducendolo in cilindri rotanti percorsi da corrente d'aria e riscaldati da una camicia a circolazione di acqua calda.

Dopo questo essiccamento il T_4 non contiene più dell'1% di umidità. Dalle operazioni di nitrazione residuano ingenti masse di liquido costituito da soluzione di ac. nitrico e di formaldeide, dal quale si ricuperano, (e qui sta appunto l'utile della fabbricazione con tale sistema praticato su larga scala per la prima volta in Italia nello stabilimento di Avigliana), con delicate operazioni di distillazione, tanto l'acido nitrico che la formaldeide che vengono messe in ciclo di lavorazione. La resa si aggira sul 70%.

Esiste pure un metodo di nitrazione continua che è basato sul mescolamento dell'acido nitrico fumante con sempre maggiori quantità di urotropina fino a raggiungere un rapporto di una parte di urotropina con 8 di acido nitrico. Il T_4 viene quindi precipitato con acqua e gli acidi, ricuperati. La temperatura non deve mai oltrepassare i 30°.

Ebele in Germania e Ross e Schiessler in Canadà, trovarono contemporaneamente il sistema di utilizzare tutta la formaldeide che entra nella costituzione dell'urotropina, facendo agire la paraformaldeide con nitrato ammonico e anidride acetica a 70°, ottenendo così un rendimento del 60% di T_4 sulla formaldeide impiegata.

In Germania e negli Stati Uniti, si preferì introdurre il così detto *metodo combinato* consistente nel far reagire l'urotropina con acido nitrico, nitrato ammonico e aldeide acetica secondo questa reazione:

$$C_6H_{12}O_4 + 4\ HNO_3 + 2\ NH_4NO_3 + 6\ (CH_3CO)_2O =$$
$$= 2\ (CH_2 - N - NO_2)_3 + 12\ CH_3COOH$$

ottenendo così T_4 e ac. acetico.

In tal modo si utilizza tutta la formaldeide contenuta nell'urotropina, si riduce a metà il consumo di anidride acetica rispetto al metodo precedentemente descritto e si ha un rendimento che può raggiungere l'80%.

Altro processo introdotto in Germania da Wolfram consiste nel condensare la formaldeide e il solfammato di potassio, seguito da un trattamento con esaidrotriazina e una miscela di 80 parti di ac. nitrico fumante e 20 parti di anidride solforica.

Il rendimento di tale processo è dell'80-90% del teorico, basato sulla formaldeide.

Proprietà fisico-chimiche - Questo composto introdotto da non molto tempo nella tecnica degli esplosivi sia da guerra che da mina, è una polvere cristallina bianca (fig. 75), fonde a 202°, è insolubile in acqua,

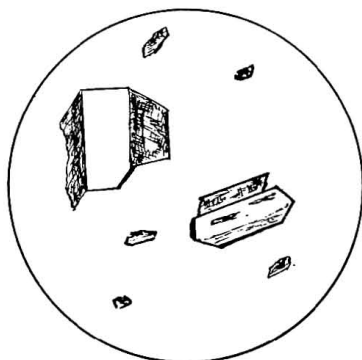



FIG. 75

Trimetilentrinitroammina o T_4.

poco in alcool, etere, benzolo, toluolo, tetracloruro e solfuro di carbonio, abbastanza solubile in acetone, circa il 7,5% a 20° e in acetato di metile.

TABELLA 36

SOLUBILITA' DEL T_4 IN GRAMMI PER 100 GR. DI SOLVENTE

(da W.R. Tomlinson)

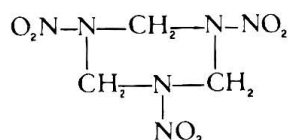
Solvente / Temperatura	0° C	20° C	25° C	30° C	40° C	50° C	60° C	80° C	100° C
Acqua	—	—	—	0,005	—	0,025	—	—	0,28
Metanol	0,14	0,23	—	—	0,47	—	1,1	—	—
Etanol	0,04	0,105	—	—	0,24	—	0,579	—	—
Etere	—	0,056	—	0,076	—	—	—	—	—
Acetone	4,4	7,3	—	—	11,5	—	18	—	—
Benzene	—	0,05	—	—	0,09	—	0,20	0,41	—
Toluene	0,015	0,02	—	—	0,05	—	0,13	0,30	0,65
Tetracloruro di carb.	—	—	—	—	—	0,005	0,007	—	—
Nitrobenzene	—	—	1,5	—	—	—	—	—	12,4
Tritolo	—	—	—	—	—	—	—	4,4	7,0
Acetato di metile	—	2,9	—	3,3	4,1	5,6		—	—

L'acetone è adoperato per la sua purificazione. Il T_4 è neutro verso le basi. Acceso brucia con fiamma chiara brillante rossiccia. Riscaldato lentamente, oltre il punto di fusione, comincia, al contrario della pentrite, a decomporsi senza esplodere. Invece portato rapidamente a 215° detona con violenza. *Viene decomposto dall'acido solforico concentrato,* invece si scioglie senza decomporsi nell'ac. nitrico da cui si può riprecipitare per semplice diluizione in acqua.

Sciogliendolo in acetone si può riprecipitare come la pentrite con

acqua ottenendo cristalli più o meno grandi a seconda del flusso dell'acqua e dell'agitazione in essa praticata. Non è attaccato dall'ac. cloridrico concentrato a caldo. E' piuttosto sensibile all'urto, poco agli sfregamenti. Non è igroscopico, e la sua manipolazione, come anche la fabbricazione, non è nociva alla salute; in alcuni individui però si verificano eruzioni cutanee o irritazioni alle mucose boccali.

Il T_4 è molto stabile al calore, in quanto il nitrogruppo è legato ad un atomo di Azoto del gruppo iminico e ciò si può vedere dalla formula:

$$\begin{array}{c} O_2N-N—CH_2—N-NO_2 \\ | \qquad\qquad | \\ CH_2—N—CH_2 \\ | \\ NO_2 \end{array}$$

Trimetilentainitro-ammina o T4

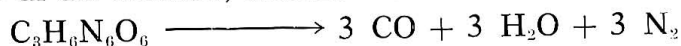
La sua stabilità in rapporto alla pentrite, ha suscitato polemiche. Dopo numerosissime prove si è potuto constatare che realmente il T_4, come stabilità, è superiore alla pentrite. La differenza però tra i due esplosivi è minima sotto tutti gli aspetti.

Mi sembra abbastanza interessante riportare questa tabella comparativa ricavata dal Trattato di chimica industriale Vol. VI Tomo I del Giua.

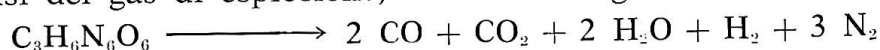
TABELLA 37

	T_4	Pentrite	Gelatina esplos.	Acido picrico	Tritolo
Massima dens. caric. . . .	1,70	1,62	1,63	1,63	1,59
Vol. gas a 0° e 760 mm. .	908	780	710	675	690
Covolume	0,908	0,780	0,710	0,675	0,690
Temp. della fiamma, T° . .	3380°	4050°	4300°	3230°	2800°
Temp. esplosione, t°	290°	190°	185°	310°	295°
Vel. det. m/s	8380	8400	7800	7100	6700
Potere dirom. B = f △ v . .	179,8	172,8	156,3	107,4	86,10
Cavità nel blocco Pb cc. . .	520	540	600	350	310
Berta da 2 Kg.cm.	42	38	10	60	60

Per azione di un innesco, detona violentemente secondo l'equazione:

$$C_3H_6N_6O_6 \longrightarrow 3\ CO + 3\ H_2O + 3\ N_2$$

e così dà, per ogni Kg., 1390 Kal. e 908 litri di gas. La sua velocità si aggira sugli 8400 m/s.

Secondo Kast la formula di decomposizione, calcolata in base all'analisi dei gas di esplosione, sarebbe la seguente:

$$C_3H_6N_6O_6 \longrightarrow 2\ CO + CO_2 + 2\ H_2O + H_2 + 3\ N_2$$

Secondo altri autori ecco le caratteristiche del T_4.

Densità massima	1,69
Temperatura di esplosione	230°
Temperatura della fiamma di esplosione	3380°
Calore di esplosione in Kal	1390
Forza in Kg/m.²	10600
Volume dei gas in litri	890
Sensibilità alla berta da 2 Kg., cm.	30
Velocità di detonazione m/s	8400
Cavità Trauzl	470
Bilancio di O_2	— 21,6%

ANALISI CHIMICA DEL T_4

Umidità - Si opera su 5 gr. in pesafiltro tarato che si mette in stufa a 105° per 4 ore. La differenza di peso darà l'umidità.

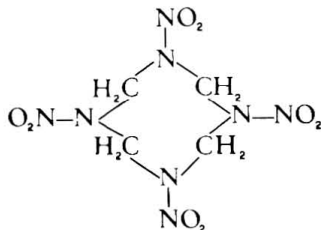
Punto di fusione - Si fa mettendo una piccola porzione di T_4 in un tubo capillare legato ad un termometro. Si immerge quindi il tutto in un bagno di olio di vasellina e si riscalda lentamente con la fiamma. Il suo punto di fusione deve essere di 202°.

Sostanze insolubili in acetone - Si pesano 10 gr. di sostanza, si mettono in un bicchiere contenente gr. 200 di acetone e si fa scaldare a bagnomaria. Si filtra su un crogiolo A_3 tarato, si lava bene il crogiolo con acetone, si fa asciugare a 100° e si ripesa. Per differenza si ha l'insolubile che non deve essere superiore allo 0,05%.

Acidità - Si pesano 10 gr. di sostanza e si mettono in un bicchiere da 400 cc. aggiungendo 100 cc. di acetone, si fa scaldare a bagno maria fino a che tutto il T_4 è sciolto, si aggiungono 100 cc. di acqua distillata, si raffredda e si titola con NaOH N/0,05 usando fenolftaleina come indicatore. Si fa una titolazione in bianco correggendo l'acidità dei reagenti. Si calcola l'acidità come percentuale di ac. nitrico. Non deve essere superiore a 0,05%.

CICLOTETRAMETILENTETRANITROAMMINA O OCTOGENE O HMX (p.m. 296,12)

E' l'omologo superiore del T_4 ed ecco la sua formula:

```
            NO2
             |
             N
           /   \
       H2C       CH2
O2N—N <             >N—NO2
       H2C       CH2
           \   /
             N
             |
            NO2
```

Si forma insieme al T_4 eseguendo la nitrazione dell'urotropina in condizioni particolari. Viene adoperata insieme al T_4 ed ha presso a poco le sue stesse caratteristiche con un punto di fusione di 276-277°. E' in cristalli bianchi, poco

solubili in acqua con densità 1,91, mentre la densità apparente è di 1,17; compressa può raggiungere 1,84 (fig. 76 A-B-C).

E' conosciuta in quattro forme cristalline α, β, γ, δ, ma soltanto la β è

FIG. 76 A
Octogene forma α.

FIG. 76 B
Octogene forma β.

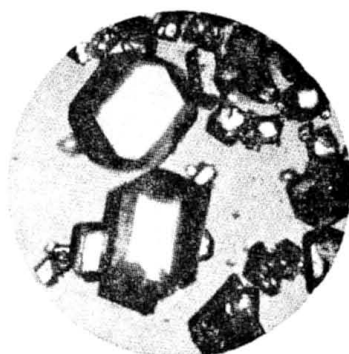
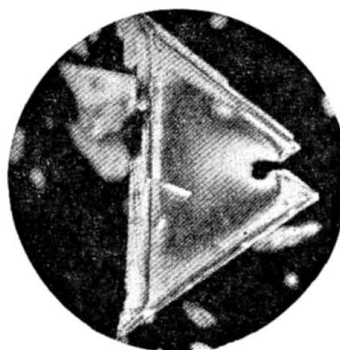
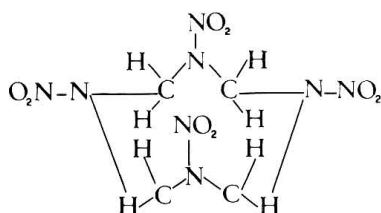



FIG. 76 C
Octogene forma γ.

stabile. Le forme α e γ sono molto più sensibili all'urto, ma quella che è più interessante per noi è la β avente questa struttura:

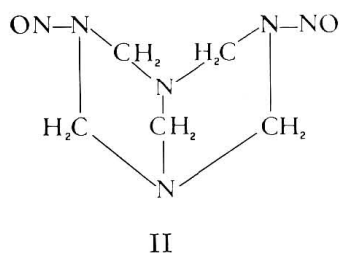
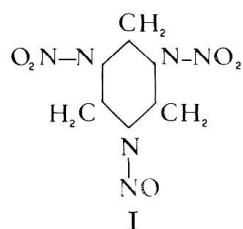
```
                    NO2
                     |
               H\   /N\   /H
O2N-N---------C         C---------N-NO2
     \        H   NO2   H        /
      \       H    |    H       /
       \       \   N   /       /
        H-C---/     \---C-H
```

Non è igroscopica e i suoi solventi sono quelli del T_4. La sua temperatura di accensione è di 330° dopo di che può scoppiare facilmente. E' però molto stabile. **La sua velocità di detonazione pare sia di 9100 m/s con densità di 1,84 per cui sarebbe la più alta velocità in campo esplosivistico.**

E' poco usata per il suo prezzo troppo elevato. In Francia viene adoperata qualche volta per cariche cave delle quali parlerò più avanti.

TRIMETILENTRINITROSAMMINA

Anche questo è un derivato del T_4, infatti l'azione dell'ac. nitroso sulla esametilentetrammina può dare origine a due derivati nitrosi: la trimetilentrinitrosammina (I) e la dinitrosopentametilentetrammina (II) o ad una miscela di ambedue.

CH_2
$O_2N—N$ $N—NO_2$
H_2C CH_2
N
|
NO
I

ON—N N—NO
CH_2 H_2C
N
H_2C CH_2 CH_2
N
II

La Ia è un esplosivo molto stabile, ma si altera alla luce ed è poco sensibile agli urti. Ha una velocità di detonazione di circa 7000 m/s ed una distanza di colpo con cartucce da 30 mm. di diametro, di 10 cm. E' stata miscelata con TNT in varie proporzioni, ma, dato che in presenza di acidi si decompone facilmente, non ha avuto impiego.

FLEMMATIZZAZIONE DEL T_4 ED ESPLOSIVI A BASE DI T_4

Come già detto precedentemente, pentrite e T_4 hanno una sensibilità molto maggiore del TNT per cui giustamente non si è creduto prudente caricare bombe e proiettili adoperando soltanto tali esplosivi. Si pensò quindi di flemmatizzarli in diversi modi adoperando i più svariati flemmatizzanti tra i quali citerò i principali: *nitroguanidina, nitroformite, binitrotoluolo, olii minerali, vaselina, olio di ricino, paraffina, acetanilide, cera d'api, mononitronaftalina, resine sintetiche*, ed altri.

Si diede però la preferenza alla paraffina perchè più pratica e di minor costo.

Preparazione del T_4 flemmatizzato - La paraffina fonde a 54-55°, quindi è sufficiente mescolare in un opportuno mescolatore tipo planetario, il T_4 con la percentuale di paraffina desiderata ad una temperatura superiore a quella di fusione della paraffina mescolandovi un pò d'acqua che si colorerà con un colorante (in Italia rosa), onde accertarsi che la flemmatizzazione avvenga in modo uniforme.

Circa la flemmatizzazione con paraffina apparve subito interessante il fatto che l'esplosivo, a pari densità, *con l'aggiunta del 5% di paraffina e non oltre, si dimostrava più veloce.* Tale fenomeno era già stato notato in precedenza dal prof. Urbanzki di Varsavia, il quale aveva aggiunto sia al T_4 che alla Pentrite piccole percentuali d'acqua, riscontrando l'aumento di velocità.

Egli spiegò il fatto dicendo che l'acqua, sostituendo l'aria negli interstizi, favoriva l'aumento di velocità di detonazione. La stessa cosa,

molto probabilmente, succede per la paraffina aggiunta nelle dovute proporzioni come flemmatizzante.

A tale proposito riporterò una tabella che mi sembra abbastanza interessante:

TABELLA 38

Esplosivo flemmatizzato	Tritolo	T_4	T_4 5%	T_4 10%	T_4 18%	T_4 20%
Veloc. detonaz. m/s . .	6879	8330	8550	8300	8235	8020
Densità forti	1,59	1,68	1,64	1,62	1,56	1,51
Veloc. detonaz. m/s . .	6380	7740	7680	7725	—	—
Densità piccole . . .	1,45	1,5	1,5	1,49	—	—
Berta da 2 Kg. cm. .	110	30	150	190	190	190
Trauzl lordo cc. . . .	372	480	425	400	355	212

Attualmente in Italia si adopera: il T_4 flemmatizzato al 5% con colorante organico rosa; la pentrite al 15% con colorante verde chiaro; in Germania i colori sono opposti.

Ed ecco ora i principali esplosivi a base di T_4 che sono stati e sono adoperati a scopo militare:

Negli Stati Uniti, durante l'ultima guerra, ha acquistato molta importanza il:

T_4 plastico - Come già visto, tra i flemmatizzanti, abbiamo parlato della vaselina che serve appunto per il T_4 plastico; infatti per ottenerlo, dopo accurata mescolanza, si triturano con vaselina, prendendo le opportune precauzioni, i cristalli dell'esplosivo mediante macchine analoghe a quelle per triturare i colori, in modo da arrotondare e impicciolire i cristalli che vengono così flemmatizzati, ottenendo un esplosivo di consistenza a caratteri plastici analoghi allo stucco per vetrai.

Una varietà di tale esplosivo è composto di:

T_4 . . . . 89%
Vaselina . . . 11%

E' poco sensibile agli urti. Ha una densità superiore a 1,58; un trauzl di 420 cc; e una velocità di detonazione di oltre 8000 m/s e grande dirompenza. E' usato per granate anticarro e per mine militari.

T_4 plastico con alluminio - Si può aumentare la potenza del T_4 plastico aggiungendo dal 12 al 20% di alluminio in polvere, da adoperarsi però solo per atti di sabotaggio sott'acqua, in quanto, come vedremo più avanti, l'alluminio prolunga nel tempo la pressione dei gas d'esplosione nell'acqua in quanto aumenta la temperatura.

Compound A_1 - E' di consistenza semi plastica ed è impastato alla calandra.

Compound A_2 - E' uguale all'A_1, ma non è calandrato ed è preparato per essiccamento in caldaia.

Compound A_3 - Ha forma granulare simile al tetrile, ma di colore cuoio. E' caricato a pressione in proiettili di piccolo calibro, in proiettili perforanti e in detonatori.

Miscela C - E' indicata con la sigla **P.E.** Anche questo è un esplosivo plastico contenente T_4 e un plastificante.

Miscela C_2 - E' un composto di T_4, nitrocotone e plastificante che non si altera con l'acqua. Trauzl netto 440 cc.; Veloc. det. m/s 4500.

Miscela C_3 - Anche questo è composto di T_4, nitrocotone, tetrile e un plastificante. Assomiglia allo stucco e a —20° diventa duro; tenendolo un po' in acqua calda, si può fargli riacquistare la sua plasticità. E' molto meno sensibile del TNT e quindi, per farlo esplodere, occorre un detonatore molto potente. E' più dirompente del TNT e, specialmente sott'acqua, produce effetti distruttori. E' una pasta di color giallo bruno, usato per commandos e per demolizioni con e senza involucro. Prende fuoco facilmente e, se brucia in forte quantità, esplode. Ha un trauzl di 440 cc. e una velocità di oltre 5000 m/s.

Miscela C_4 - E' un altro esplosivo plastico contenente il 91% di T_4, Polyisobutilene ed altri composti in piccola quantità.

MISCELE COLABILI A BASE DI T_4

TRITOLITAL - Esso è composto generalmente di:

Tritolo . . .	60%
T_4	20%
Alluminio . .	20%

Una formella da 100 g. rompe una piastra di acciaio da 21 mm. di spessore. Per questo esplosivo le prove sono state fatte con detonatore N. 10. E' un esplosixo adoperato in quest'ultima guerra sia dagli Italiani che dai Tedeschi che dagli Americani. Trauzl = 400 cc. Vel. det. 7400 m/s. Come si vede, in questa formula è subentrato l'*alluminio* il quale tende a diminuire la quantità dei gas svolti dall'esplosione per formazione di allumina, ma contemporaneamente aumenta molto la temperatura di esplosione, per cui vi è largo compenso che dà origine ad un aumento di potenza. L'alluminio entra in reazione, quando nell'esplosione, la temperatura ha raggiunto un certo grado, cioè quando la detonazione degli esplosivi ai quali è incorporato, ha avuto inizio. Quindi il contributo dell'alluminio è in ritardo ed ha efficacia dove la plasticità e la cedevolezza del mezzo circostante è tale da permettere di poter sfruttare l'ulteriore aumento di potenza dovuta all'alta temperatura sviluppata. Tale temperatura contribuisce a far ritardare la caduta di pressione dando quindi modo ai gas di prolungare l'azione di spinta. Questo esplosivo si adopera essenzialmente per il caricamento di armi subacquee (siluri, torpedini, bombe di profondità, ecc.), le quali hanno involucri di lamiera e quindi leggerissimi.

La miscela di tale esplosivo si esegue facendo sciogliere il TNT in un planetario (fig. 72) aggiungendovi poi il T_4 e infine l'alluminio. Occorre tenere presente però che l'alluminio deve avere granitura finissima (deve passare ad un setaccio di 10.000 maglie per cm²) poichè diversamente è difficile ottenere buone densità che si debbono aggirare su 1,71-1,73. Il caricamento degli ordigni va fatto a strati e cioè, prima occorre mettere uno strato di miscela fusa e quindi aggiungere dei pezzi di miscela solidificata (nougat), dopo averla versata su lastre d'alluminio nello spessore di circa 2 cm.; in tal modo è più difficile il formarsi di caverne.

Un'altra osservazione importantissima circa questo esplosivo che vale poi per tutti gli esplosivi con alluminio è questa: la lavorazione deve avvenire in locali asciutti e non umidi, poichè la polvere di alluminio si elettrizza molto facilmente dando luogo ad incendio ed esplosione. Tutte le macchine devono avere ottime prese di terra.

TABELLA 39

PROPRIETA' DI ALCUNE COMPOSIZIONI A BASE DI T_4

(Da « Les substances explosives et leurs nuisances di CALZIA)

Hexogène = T_4; Hexocire = T_4 e Cera; Hexolite = T_4 e TNT

Esplosivo	Densità di incartucciamento	Sensibilità all'impatto	Sensibilità allo scuotimento	Sens. all'innescamento gr. Fulm.	Temp. di accensione in C°	Velocità detonazione m/s	Coeff. utilizz. pratica	Potenza al mortaio balistico
T_4	1,1	0,45	11,5	0,2	225	6640	125	150
	1,3					7030		
	1,71					8520		
Hexocire - Grafitata 98/2/1	1	1,90	23,3			6050	131	
Hexocire 95/5	1,76	0,95	18	0,5			150	
Hexocire graf. 95/5/0,5	1,6	1,04	20,2	0,6		8350		
Hexocire Al 80/5/15	0,9			0,5			150	
Hexogène - Nylon 95/5	1,73	0,63	24,1	0,5		8600	126	
Hexolite 30/70	1,2		40% a 36 Kg	0,5	295	5700	105	
	1,6					7240		
Hexolite 50/50	1,1	2,67	40% a 36 Kg	0,5	226	6260	113	
	1,6					7270		
	1,64			2		7640		
Hexolite 60/40	1,1			0,5	225	6340	116	134
	1,5					7160		
	1,6					7470		
	1,7			2		7800		
Hexolite 70/30	1,1	1,69	29	0,5	225	6460	122	135
	1,73					8060		
Hexolite 80/20	1,2	1,56	23,1	0,5		6460	129	
Hexolite 90/10	1,2			0,5	225	6470	130	
	1,6					8200		

Lo scaricamento delle teste di siluro o delle bombe caricate a tritolital presenta qualche difficoltà.

Sono state però scaricate bombe cariche a tritolital e tritonal, oltre che con olio bollente, anche con acqua calda senza dar luogo ad inconvenienti. Con acqua si nota però un po' di reazione e i punti di vista sono molto discordanti.

Faccio inoltre osservare che, da esperienze fatte in Germania, gli ordigni carichi, dopo asportazione di spoletta e detonatore, gettati in acqua, ad una certa profondità e quindi ad una certa pressione, pare possano esplodere da soli. Tale fenomeno sembra si sia verificato nel 1947 anche in un lago dell'alta Italia durante l'affondamento di una grossa bomba carica a tritolital. Queste notizie, quantunque molto vaghe, sono da prendersi in considerazione data la presenza dell'alluminio.

TORPEX - E' un esplosivo composto di 44% di T_4, 38% di TNT e 18% di polvere d'alluminio. Si usa per teste di siluro, bombe di profondità e mine subacquee. Ha color grigio. Trauzl = 490 cc.

TRITOLITE - Tale esplosivo chiamato negli Stati Uniti **CICLOTOL** è composto di T_4 nella proporzione dal 40 al 60% incorporato al TNT fuso e si impasta come il Tritolital sopra descritto. A seconda della più o meno forte percentuale di T_4

e a seconda della più o meno accurata schiumatura della paraffina, si avrà un esplosivo più o meno fluido.

Su questo esplosivo ho fatto alcune prove che ritengo opportuno riportare. Esse sono state, come per il tritolital, **eseguite tutte col detonatore n. 10** in quanto si constatò che tali miscele con una percentuale più o meno alta di paraffina avevano bisogno di innescanti piuttosto potenti. La densità dei due esplosivi sotto descritti variava da 1,62 a 1,65:

Tritolo	60%
T_4	40%
Trauzl	cc. 440
Velocità detonazione	m/s 6600

Una formella da 100 gr. rompe una lastra di acciaio da 21 mm. di spessore.

Tritolo	50%
T_4	50%
Trauzl	cc. 460
Velocità detonazione	m/s 6900

Una formella da 100 gr. rompe una lastra di acciaio da 23 mm. di spessore.

Nell'ultima guerra tale miscela è stata caricata in bombe da aereo, in proiettili anticarro e in mine.

COMPOUND B - Come già detto è un esplosivo statunitense, ma molto simile alla tritolite e che invece di avere la paraffina, ha l'1% di cera di api o cere simili. E' uno degli esplosivi più potenti, molto meno sensibile del tetrile ma più sensibile del tritolo.

La sua formula originale è la seguente:

T_4	60%
TNT	39%
Cera	1%

Però se ne trova anche con T_4 = 50%, TNT = 49%, cera 1%.

Si carica in bombe di aereo, in proiettili perforanti, in mine e in torpedini. Trauzl = 470 cc.; Vd = 6950 m/s.

PTX 1 - E' composto di T_4, tetrile, e tritolo: ha una temperatura di rammollimento di 90-95° ed è colabile. Come dirompenza e potenza equivale al Compound B e alla tritolite 50/50.

PTX 2 - E' composto di pentrite, T_4 e TNT. Fonde a 95°, ma deve essere caricato per pressione, oppure usato come carica sciolta. E' più sensibile del Compound B e dell'Ednatol, ma meno della Pentolite e non essuda. E' molto dirompente.

NITRONAFTITI - Sono miscele colabili di T_4 e dinitronaftalina. Si ha una massa plastica con un punto di fusione compreso fra 70 e 80°.

MISCELA DINITROBENZOLO T_4 - Una di tali miscele è composta di Dinitrobenzolo 85% e T_4 15% che diventa plastica a 80°.

Un'altra miscela usata dai tedeschi è formata da 15% di T_4, 35% di nitrato ammonico e 50% di dinitrobenzolo. E' plastico a 83°, ma è velenoso.

MISCELA HXB - Composta di T_4-TNT- Al con flemmatizzante. Ha potenza uguale al Torpex.

MISCELE BELLICHE POLVERULENTE A BASE DI T_4

Sono stati fatti diversi miscugli con Nitrato ammonico, tra cui uno simile all'Amatolo 80/20, sostituendo il TNT col T_4 flemmatizzato e che fu adoperato anche come esplosivo da mina. Tale miscuglio dava un trauzl netto di 395 cc, mentre l'amatolo dava 375 cc. L'esercito adottò un miscuglio denominato:

NTP composto di:

Nitrato ammonico . . .	77%
T_4	20%
Paraffina	3%

Aveva una velocità di 5800 m/s e un Trauzl di 450 cc, e cioè superiore a quella dell'amatolo. Fu adoperato per caricare granate ordinarie.

Come ho già detto, tutti questi esplosivi a base di T_4 sono di carattere esclusivamente militare, sui quali non ritengo opportuno dilungarmi molto. Faccio solo osservare che alcuni di essi e specialmente la tritolite e il Compound B attualmente qualcuno li adopera, dopo averli scaricati e ricaricati in tubi, per lavori subacquei o, dopo fusione, mescolati ad altri composti come nitrato ammonico, perclorato, ecc. per cartucce da mina tipo cava o galleria.

Ritengo opportuno ricordare che nel tritolital proveniente da scaricamenti americani e tedeschi, è facile trovare piccole percentuali di tetrile o trinitroanisolo, riconoscibili da un colore giallino. La rilavorazione di tali esplosivi, può dare origine a vari disturbi più o meno gravi generalmente sotto forma di eruzioni cutanee, per cui è necessario adoperare tute e guanti per impedire l'assorbimento del polverino e fare giornalmente il bagno o la doccia.

SCHEMI DI ANALISI PONDERALI E RICONOSCIMENTO DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI MILITARI FUSI

Prima di tutto, tali esplosivi che in genere sono molto duri, occorre romperli con martelli di bronzo e setacciarli.

COMPOUND B e TRITOLITE - Il Compound B ha color caffelatte chiaro e la tritolite color rosa.

Gr. 5 passati ad un fine setaccio si mettono in 100 cc. di benzolo saturo di T_4, si sciolgono a caldo e si filtrano su filtro tarato. Sul filtro rimarrà il T_4 che naturalmente verrà pesato e per differenza si avrà il TNT.

Per vedere la quantità del densificatore che è una specie di cera, si possono pesare gr. 5 di prodotto polverizzato in un crogiolo tarato 1 G1. Si aggiungono 15 cc. di acetone a 5°. Si agita energicamente in modo che il tempo di contatto fra acetone ed esplosivo, sia di circa 5". Tale operazione va ripetuta nove volte, lavando ogni volta le pareti del crogiolo in modo che T_4 e TNT si sciolgano bene e lavando quindi ancora un paio di volte con acetone. Il crogiolo si mette poi per 5' ad asciugare e si pesa. Si calcola l'aumento in peso come per cento di densificatore tenendo conto che il fattore di solubilità del densificatore è di 0,0009.

TETRITOL - Esplosivo di color giallo.

Gr. 5 passati ad un fine setaccio, si mettono in 200 cc. di tetracloruro di carbonio, si fanno bollire per qualche minuto, si raffreddano e si filtrano su filtro tarato. Sul filtro rimarrà il tetrile, mentre il TNT passerà in soluzione.

TRITONAL - Esplosivo di color grigio lucente.

Gr. 5 passati a setaccio, si mettono in 100 cc. di benzolo. Si fa scaldare a bagno maria e si filtra su filtro tarato. Sul filtro rimarrà l'alluminio; mentre il TNT passerà in soluzione. Si pesa e per differenza si fa la percentuale.

TRITOLITAL-TORPEX - Ambedue sono di color grigio lucente.

Gr. 5 di campione passati ad un fine setaccio si mettono in 100 cc. di benzolo saturo di T_4. Si scioglierà il TNT. Si filtra su filtro tarato e, dopo essiccamento in stufa a 110° si pesa. Si avrà la percentuale di TNT. Si aggiungono quindi 100 cc. di acetone. Si scioglierà il T_4 e rimarrà l'alluminio. Dopo filtrazione si fa essiccare e si pesa. Si avrà così la percentuale di T_4 e, per differenza, l'alluminio.

PENTOLITE e PENTROL - Di colore giallino.

Gr. 5 si sciolgono, dopo setacciamento, in benzolo saturo di pentrite. Si filtra su filtro tarato dove rimarrà la pentrite, si pesa e per differenza si avrà il TNT.

P.A.N. - P.A.N.A. - P.N.T. - Il P.A.N.A. è grigio, gli altri possono essere di colori diversi a seconda del colore della pentrite adoperata per la loro confezione.

Gr. 5, dopo setacciamento, si fanno sciogliere in acetone. Si scioglierà così la pentrite. Filtrando attraverso filtro tarato, rimarrà il nitrato ammonico; in tal caso si tratterà di P.A.N.

Se rimane dell'alluminio si tratterà di P.A.N.A., se invece rimane paraffina si tratterà di P.A.N. Se ogni volta che si filtra si fa asciugare e si pesa, si troveranno anche le percentuali. Per Amatolo, Schneiderite, Ammonal, Toluolammonal, ecc. vedi più avanti.

Naturalmente, per fare analisi più complete, occorre consultare i capitolati militari. Ho stimato opportuno descrivere brevemente tali analisi in quanto non è difficile trovare in commercio tali materiali di recupero che vengono adoperati generalmente per fare esplosivi da mina senza nitroglicerina.

E' logico che qualora ci si voglia accertare se ciò che è rimasto sul filtro, dopo il lavaggio con benzolo, è T_4 o Pentrite, occorre prima riprecipitare con acqua, quindi filtrare, asciugare e fare il punto di fusione.

CARICHE CAVE

In questi ultimi tempi, sia nel campo civile che in quello militare, hanno preso una discreta importanza le così dette « *cariche cave* » o « *ad effetti concentrati* ». Furono studiate da Munroe fin dal 1888 e poi riprese nel 1910 da Neumann, fisico tedesco. L'effetto da loro prodotto fu così chiamato « Effetto Munroe-Neumann ».

E' risaputo che per avere un buon effetto da una carica esplosiva, occorre un buon intasamento, poichè può succedere che, appoggiando semplicemente una carica esplosiva, anche potente, su qualsiasi mezzo resistente e facendola esplodere, questa produce effetti irrisori in quanto i gas sviluppati si disperdono in tutte le direzioni. Però se l'esplosivo presenta una cavità nel piano d'appoggio sulla parete resistente, questa viene, a seconda se trattasi di ferro o di pietra, o fusa, o forata, o rotta in mille pezzi.

Il Neumann constatò che una carica cilindrica contenente in una delle basi una cavità conica ed innescata all'altra base, in direzione dell'asse e alla base del cono produce un effetto locale 4-5 volte superiore a quello prodotto da una ugual carica senza cavità. Tale fenomeno fu spiegato considerando che, dato che la carica è innescata in alto, la detonazione procede dall'alto verso il basso, per cui l'onda

esplosiva si converte in onda d'urto alla superficie di contatto tra l'esplosivo e l'ambiente esterno. Così abbiamo che da una superficie piana, si diparte un'unica onda che diminuisce d'intensità con l'allontanarsi dall'origine, mentre da una superficie conica cava, partono tante onde d'urto che incontrandosi danno origine a risultati paralleli all'asse del cono e d'intensità proporzionale alla somma delle intensità delle singole onde componenti, da cui si deduce che le onde di propagazione di ciascuno dei suoi punti, raggiungono il fuoco nello stesso istante provocando naturalmente un fortissimo urto.

Per ricavare le forme di cavità atte a produrre gli effetti più elevati a seconda dei casi, si possono fare dei calcoli che però esorbitano dal mio compito.

Nel campo militare sono stati fatti e si fanno gli studi per trovare le forme più adatte da dare alle cariche a seconda del mezzo che devono danneggiare o distruggere, i materiali da adoperare per l'involucro che, secondo alcuni, ha influenza sotto l'aspetto perforante, mentre secondo altri contribuisce a questo effetto formando un getto di piccolissimi frammenti in direzione dell'asse della cavità.

Dalle prove che io ho eseguito con cariche cave da 120-250-500 gr. composte da Compound B e da Pentolite, ho sempre notato che la cavità da esse prodotta corrispondeva perfettamente alla cavità dell'esplosivo, giungendo, quelle da 500 gr. a perforare tre piastre di ferro sovrapposte ognuna dello spessore di 2 cm. Poggiando tali cariche su grossi massi, si aveva lo sgretolamento del masso senza lancio di materiale all'intorno, il che rappresenta un bel vantaggio agli effetti della sicurezza. Altro fatto abbastanza curioso da me e da altri riscontrato, è stato il seguente: mettendo la carica su piastre molto spesse, superiori cioè a quelle che le cariche potevano perforare, ho notato il distacco dalla parte opposta all'esplosione, di una lamina circolare, superiore al diametro della bocca della carica.

Questo fenomeno si può spiegare considerando l'onda d'urto le cui vibrazioni spostano il materiale di cui è costituita la corazza, sia nella direzione dell'onda d'urto che in direzione radiale.

Nel campo civile, tali cariche sono già entrate in uso per rompere grossi massi che si staccano anche durante il brillamento di mine dalla montagna, per la trivellazione dei pozzi, per rompere grossi muri, ecc. Nel campo militare sono state adoperate per lo sfondamento di grosse lastre di ferro e acciaio tipo carro armato o di navi affondate, per la demolizione di ponti o di grossi muri di fortificazione, ecc. (fig. 77).

Ho notato inoltre che tali cariche, dato che occorre una forte velocità di detonazione unitamente ad una forte dirompenza, occorre che siano fatte con esplosivi molto forti tipo gomma A e T_4 o Pentrite o Compound B 60/40 poichè, anche il tritolo stesso, non dà buoni risultati.

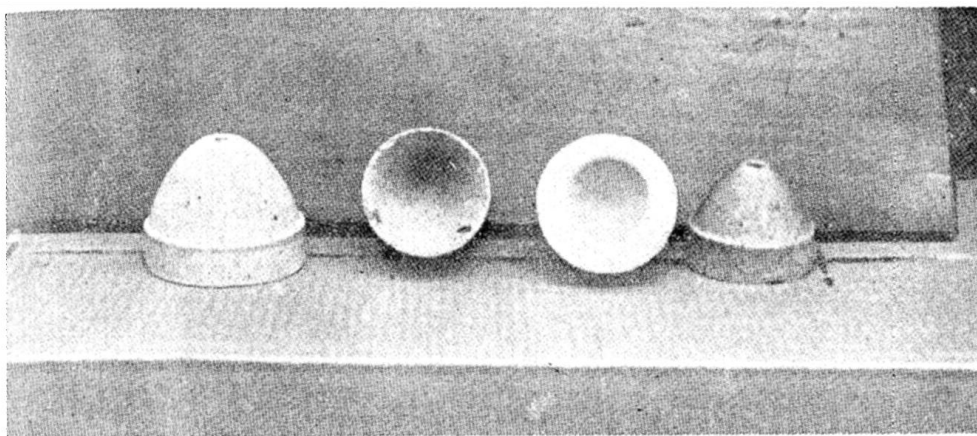



FIG. 77 - Cariche cave.

Per calcolare approssimativamente il peso di esplosivo capace di operare la perforazione, si può usare la seguente formula:

$$P = K S^n$$

in cui P rappresenta il peso capace di effettuare la perforazione; S lo spessore della corazza espresso in cm.; l'esponente approssimativamente si considera = 2,5, mentre K è un coefficiente dipendente dal materiale della corazza o dal materiale di cui è fatta la fortificazione che approssimativamente si considera = 1,5.

Ritengo opportuno far notare che, da diversi anni, il principio dell'« Effetto Neumann » è stato applicato anche ad alcuni detonatori primari sia da mina che da guerra; infatti ora, molti detonatori, portano sul fondo un incavo che funge da piccola carica cava.

CAPITOLO QUINTO

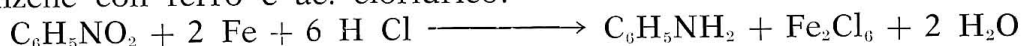
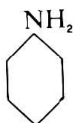
NITRODERIVATI DELLE AMMINE AROMATICHE

ANILINA

L'anilina si prepara per riduzione con idrogeno nascente del nitrobenzene:

$$C_6H_5NO_2 + 6\ H \longrightarrow C_6H_5NH_2 + 2\ H_2O$$

Però nella tecnica si fa avvenire questa reazione trattando il nitrobenzene con ferro e ac. cloridrico:

$$C_6H_5NO_2 + 2\ Fe + 6\ H\ Cl \longrightarrow C_6H_5NH_2 + Fe_2Cl_6 + 2\ H_2O$$

La sua formula è quindi la seguente:

E' un liquido incolore, di odore debolmente aromatico; ha punto di ebollizione 184°; p.s. — 8°. Alla luce si colora prima in giallo e poi in rosso. Si scioglie in alcool, etere, solfuro di carbonio, acetone, ecc.

I suoi vapori sono velenosissimi. E' molto adoperata nell'industria dei colori.

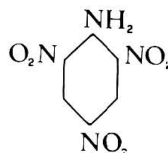
NITRAZIONE DELL'ANILINA - La nitrazione dell'anilina si fa con miscela solfonitrica ottenendo così la:

Trinitroanilina o Picramide (p.m. 228,1).

Ha la seguente formula:

NH_2

O_2N NO_2

NO_2

è un esplosivo di potenza equivalente alla melinite. Ecco le caratteristiche principali:

Bilancio O_2	— 56,1%
Calore formazione Kcal/Kg.	70
Calore esplosione Kcal/Kg.	990
Punto fusione	210°
Densità max	1,72
Cavità Trauzl cc.	311
Colore	arancione

Tetranitroanilina o TNA (p.m. 283,10). Corrisponde alla seguente formula:

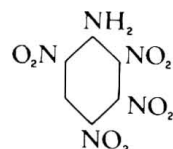
NH_2
O_2N NO_2
NO_2
NO_2

E' un esplosivo in cristalli gialli (fig. 78) che fonde a 210°, è insolubile in acqua, solubile in ac. acetico glaciale, nello Xilene, nel nitrobenzene e nell'acetone. Dalla sua formula si deduce che non è molto

FIG. 78

Tetranitroanilina cristallizzata dal benzene.

stabile a causa dei gruppi NO_2 in posizione orto fra loro per cui uno tende a staccarsi. A questo inconveniente si provvede con la paraffinatura. Ha un alto potere dirompente. La densità assoluta è di 1,867. Riscaldata, dapprima fonde, e a 226° detona.

La tetranitroanilina contiene 25% di Azoto e 49,6% di Ossigeno.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Bilancio O_2	49,6%
Punto di fusione	210°
Temperatura di accensione	260°
Densità assoluta	1,8
Cavità Trauzl cc.	420
Velocità detonazione m/s	5500

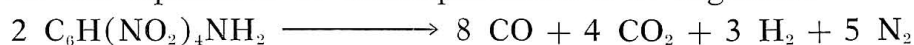
E' interessante sapere che una parte di tetranitroanilina e quattro parti di tritolo fondono a 148°. E' stata adoperata per riempire gra-

nate insieme ad altre sostanze nitrate con tritolo, trinitronaftalina, ecc. Non intacca i metalli ed ha reazione neutra.

Un miscuglio fuso di 80 parti di TNT a 20 di TNA detona con un innesco di 0,25 gr. di fulminato di mercurio con una velocità di 6165 m/s.

Fabbricazione - Secondo Flursheim, si ottiene trattando la meta-nitroanilina con tre parti di ac. nitrico. Tale soluzione si versa in 36 parti di ac. solforico conc. riscaldato a 70°. Iniziata la reazione è assolutamente necessario raffreddare per non superare i 100°. Si ottiene un rendimento del 70% del teorico. Il prodotto che si ottiene deve essere poi cristallizzato da solventi anidri e cioè acetone e nitrobenzolo. E' stata adoperata qualche volta come detonatore allo stato cristallino e in miscela con altri composti nitrati come TNT, trinitronaftalina, binitrobenzene, ecc.

La sua equazione di decomposizione è la seguente:

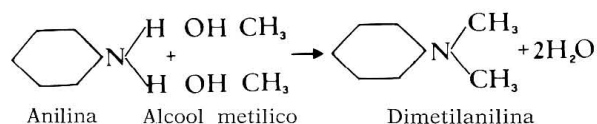
$$2\ C_6H(NO_2)_4NH_2 \longrightarrow 8\ CO + 4\ CO_2 + 3\ H_2 + 5\ N_2$$

TETRANITROMETILANILINA O TETRILE (p.m. 287,15)

Il tetrile o *tetralite* o *C.E.* o *peronite* o *2-4-6 fenil-metil-nitroammina,* appartenente anch'esso alle nitroammine, si ottiene trattando l'anilina con alcool metilico ad elevata temperatura e pressione insieme a monometilanilina e dimetilanilina. Fu scoperto da Martens nel 1872.

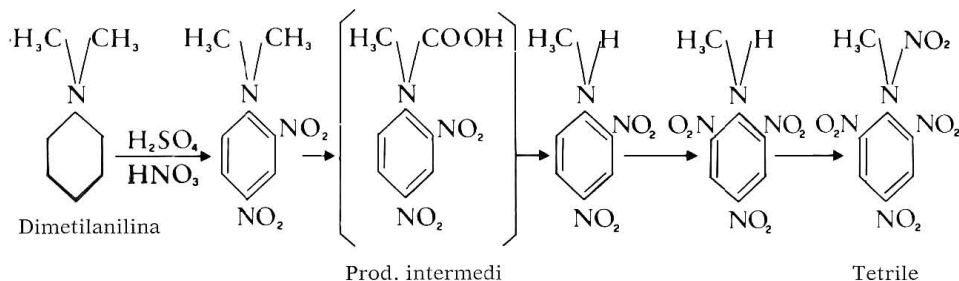
Fabbricazione - Scaldando l'anilina a 250° sotto 40 Atm., con alcool metilico in eccesso ed acido solforico in autoclave, si ottiene dimetilanilina. L'acqua viene assorbita dall'acido solforico.

La reazione avviene nel seguente modo:

$$C_6H_5N\begin{matrix}H\ \ OH\,CH_3\\ + \\ H\ \ OH\,CH_3\end{matrix} \longrightarrow C_6H_5N\begin{matrix}CH_3\\ \\ CH_3\end{matrix} + 2H_2O$$

Anilina   Alcool metilico   Dimetilanilina

trattando poi con ac. solforico e ac. nitrico si perviene al tetrile attraverso prodotti intermedi che possono essere isolati.

$$C_6H_5N(CH_3)_2 \xrightarrow[HNO_3]{H_2SO_4} (NO_2)_2C_6H_3N(CH_3)_2 \rightarrow \left[(NO_2)_2C_6H_3N(CH_3)COOH\right] \rightarrow (NO_2)_2C_6H_3NH(CH_3) \longrightarrow (NO_2)_3C_6H_2NH(CH_3) \longrightarrow (NO_2)_3C_6H_2N(CH_3)NO_2$$

Dimetilanilina   Prod. intermedi   Tetrile

Si può anche partire dal cloridrato di anilina ed alcool metilico: in questo caso è l'acido cloridrico del cloridrato che fa da disidratante. La dimetilanilina purificata serve per ottenere tetranitrometilanilina. Si scioglie in appositi nitratori una parte di dimetilanilina greggia in 10 parti di ac. solforico conc. e si versa il miscuglio in 4 parti di ac. nitrico (D. 1,48) scaldato a non più di 40° (Langenscheidt).

In Francia si adopera un miscuglio solfonitrico di composizione diversa e cioè: 52% H_2SO_4; 26% HNO_3; 22% H_2O. In 2200 parti di questo miscuglio si versano 100 parti di metilanilina sciolta in 600 parti di H_2SO_4. Rendimento pratico 88% circa.

Ottenuto il prodotto nitrato, si filtra, si purifica e si cristallizza sciogliendolo dapprima in benzolo, il quale in un primo tempo, distillando, trascina via tutta l'acqua.

Adoperando una quantità maggiore di ac. nitrico, secondo il metodo descritto da Langenscheidt, la preparazione della tetranitrometilanilina si può fare agendo nel seguente modo: in 1 Kg. di ac. solforico si sciolgono raffreddando 100 gr. di dimetilanilina in modo che la temperatura non superi i 25°; tale soluzione si versa in due ore in 500 cc. di ac. nitrico con D. 1,49, non lasciando oltrepassare i 40°; dopo tre ore circa la temperatura si eleva a 55° e così si mantiene per due ore. Dopo un lungo riposo, si filtra su lana di vetro, lavando il tetrile con acqua fino a completa deacidificazione. Si lava poi con alcool freddo e si cristallizza da benzene con un rendimento di circa il 90%.

Dato che quando si aggiunge la dimetilanilina all'acido nitrico fumante reagisce violentemente, si è pensato di diluire una parte di dimetilanilina con 14,4 parti di ac. solforico al 96-99% in un solfonatore a doppia parete e provvisto di agitatore. La temperatura non deve superare i 30°. Per la fase successiva della trasformazione del solfato di dimetilanilina in tetrile, si può usare la seguente miscela: 66,7% di HNO_3, 15,8% di H_2SO_4, e 17,5% di H_2O. Per questa miscela non occorrono recipienti di materiali speciali: 9,6 parti della miscela acida nitrano una parte di dimetilanilina. Il solfato di dimetilanilina viene poi versato in un nitratore a doppia parete nella miscela nitrante che si mantiene a 68-73° per circa 20' (Urbanski e Semenzuk).

Proprietà fisico-chimiche - La tetranitrometilanilina o tetrile (fig. 79) è una polvere cristallina giallo chiara. Il suo peso specifico è di 1,725, il suo punto di fusione 128,7°. E' insolubile in acqua, un pò solubile nell'alcool caldo e nell'etere, solubilissima in benzolo, acetone, toluene, piridina. Infiammata e riscaldata a 190° brucia con fiamma chiara e fuligginosa. Compressa a 200, 350, 700, 1400 Atm. assume una densità rispettivamente di 1,40-1,47-1,57-1,67-1,71. Non è igroscopica. E' decomposta dagli alcali in soluzione di soda e potassio e dal solfito di sodio in prodotto non esplosivo. Reagisce con l'anilina per dare la trinitrodifenilammina. Reagisce però con le basi alcaline formando il picrato del metallo in cui è contenuta. E' stabile fino a 100°.

Il tetrile è abbastanza sensibile sia agli urti che all'innesco. E' un prodotto che dà eruzioni cutanee, dermiti, intacca le mucose della bocca e del naso e può provocare disturbi vari. Tinge in giallo le mani e la faccia.

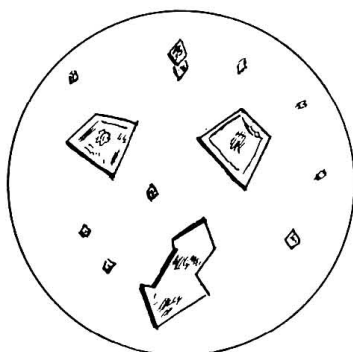



FIG. 79

Tetrile cristallizzato dall'alcool etilico.

TABELLA 40

SOLUBILITA' DEL TETRILE IN GR. PER 100 GR. DI SOLVENTE DA W.R. TOMLINSON

Solvente / Temperatura	0° C	20° C	30° C	40° C	60° C	80° C	100°C
Acqua	0,005	0,0075	—	0,011	0,035	0,081	0,184
Tetracloruro di carbonio . . .	0,007	0,015	—	0,058	0,154	—	—
Etere	0,188	0,418	0,493	—	—	—	—
Etanolo a 95%	0,920	0,563	0,76	—	2,64	—	—
Cloroformio	0,28	0,39	—	1,20	2,65	—	—
Solfuro di carbonio	0,009	0,021	0,030	—	—	—	—
Acetone	—	75	95	116	—	—	—
Benzene	—	7,8	10	12,5	—	—	—
Toluene	—	8,5	—	—	—	—	—
Tritolo	—	—	—	—	—	82	149

Ecco le sue principali caratteristiche:

Densità 1,63
Trauzl cc. 340
Velocità detonazione m/s 7400
Calore di esplosione 1160
Volume gas in litri 814
Temperatura della fiamma di esplosione . . . . . . 3500°
Temperatura di decomposizione . . . . 220°
Pressione specifica Atm/Kg. 9800
Berta con peso di Kg. 2, cm. 40
Bilancio O_2 . . . . — 47,4%

La sua formula di decomposizione è la seguente:

$$2\ C_7H_5O_8N_5 \longrightarrow 12\ CO + 2\ CO_2 + 5\ H_2 + 5\ N_2$$

E' sensibile all'innesco sia del fulminato che dell'azotidrato e molti studi in proposito sono stati fatti da Martin; è abbastanza stabile perchè i tre gruppi nitrici legati al gruppo aromatico sono in posizione simmetrica ed il quarto è legato in modo nitramminico. E' molto usato in America e in Inghilterra puro nei detonatori secondari e primari al posto del tritolo o flemmatizzato con grafite (2%), o stearato di calcio o bario o con gomma arabica (2%) che agisce da legante, e per confezionare miccia detonante con circa 7000 m/s di velocità. Una parte di tetranitrometilanilina e una parte di tritolo danno una miscela che fonde a 59° e si presta quindi al caricamento per fusione prendendo in U.S.A. il nome di **Tetritol** di cui esiste anche un tipo composto del 70% di tetrile e 30% di tritolo che fonde a 68° ed ha un trauzl di 305 cc. Rispetto al tritolo, ha il vantaggio di essere un composto endotermico. Riscaldato a 190° in recipiente chiuso e all'aria libera, ma bruscamente, esplode.

ESANITRODIFENILAMMINA O EXIL (p.m. 439,21)

L'exil (fig. 80), detto anche *Examin* fu scoperto da Gnemm nel 1874. Si forma nella nitrazione diretta della difenilammina, che, come abbiamo detto, è usata come stabilizzante nelle polveri senza fumo, ma con basso rendimento.

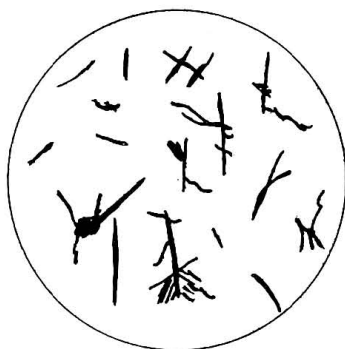
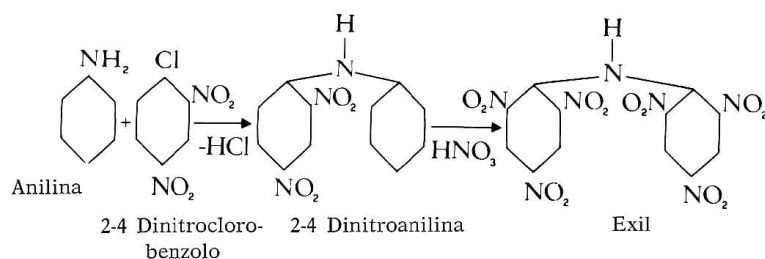



FIG. 80

Esanitrodifenilammina cristallizzata dall'alcool etilico.

Il metodo più comunemente usato per la sua fabbricazione è attualmente quello descritto da T. Carter consistente nella reazione dell'anilina col 2-4 dinitroclorobenzolo e l'ulteriore nitrazione della 2-4 dinitrodifenilammina risultante:

Anilina + 2-4 Dinitrocloro-benzolo $\xrightarrow{-HCl}$ 2-4 Dinitroanilina $\xrightarrow{HNO_3}$ Exil

Nella prima reazione l'HCl viene eliminato, ma salifica una seconda molecola di anilina diventando antieconomico.

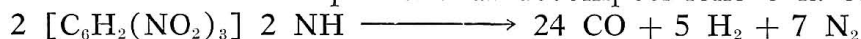
Allora si è pensato di fare la reazione in presenza di $CaCO_3$ in ambiente acquoso a 60-90°. La 2-4 dinitroanilina viene raccolta e lavata prima con ac. cloridrico diluito e quindi con acqua, infine essiccata.

Per nitrare ancora la dinitroanilina ad esanitrodifenilammina si opera in due tempi. Prima si tratta con ac. nitrico a dens. 1,33 a 90-100° ottenendosi la 2-4-2'-4' tetranitrodifenilammina che poi, ulteriormente nitrata con ac. nitrico fumante (d = 1,5) a 40° in un apparecchio di ghisa, darà la esanitrodifenilammina che andrà ancora lavata con acido nitrico concentrato e diluito e infine con acqua. Dopo tale lavaggio si asciugherà a 50-60°.

Proprietà fisico-chimiche - E' una polvere cristallina gialla, insolubile in acqua, etere, benzene, alcool, acetone, solubilissima nell'ac. nitrico conc. a 48° Bé. Ha un punto di fusione di 240-245°. Alla luce solare diretta prima arrossa e poi imbrunice. E' più stabile al calore del tetrile. Ha carattere acido formando sali, alcuni dei quali molto sensibili, sul tipo dei picrati. E' velenosissima tanto che piccole quantità di pulviscolo possono determinare infiammazione delle mucose del naso e della gola. Il peso specifico è di 1,653. Per compressione a 2000 Atm. raggiunge la densità di 1,505. Brucia all'aria col riscaldamento, ma non detona se non è innescata.

La mescolanza 30-40 di tritolo con exil fu usata dai tedeschi nel 1915-1918 per il caricamento, allo stato pastoso, dei siluri e delle mine subacque. La miscela col tritolo al 50% ha un punto di fusione di 130°, la miscela di una parte di exil e due parti di tritolo, di 100°. Attacca i metalli meno dei picrati.

Da solo o mescolato con tritolo, l'EXIL è usato come detonatore secondario. E' stato adoperato anche come esplosivo da mina mescolato a tritolo e a nitrato ammonico. Ha proprietà intermedie tra quelle del TNT e del tetrile. La sua equazione di decomposizione è la seguente:

$$2\ [C_6H_2(NO_2)_3]\ 2\ NH \longrightarrow 24\ CO + 5\ H_2 + 7\ N_2$$

Ecco alcune caratteristiche esplosive:

Densità massima	1,64
Temperatura d'accensione	250-260°
Volume gas a 20° e 760 mm.	675 lt/Kg.
Calore specifico in Kal/Kg.	1035

Velocità detonazione con densità 1,6	7150 m/s
Trauzl cc.	320
Bilancio O_2	— 52,8%
Sensibilità berta da Kg. 2	30 cm.
Densità max	1,64

E' stato usato anche con TNT e Alluminio per armi subacquee.

CAPITOLO SESTO

NITRODERIVATI DEL FENOLO

Il fenolo o acido fenico ha grandissima tendenza a reagire con l'acido nitrico, per cui la nitrazione del fenolo si verifica con grande facilità e rapidità impiegando anche solo acido nitrico diluito. Con l'introduzione di aggruppamenti nitrici nella molecola del fenolo, aumenta il carattere acido di questo. Infatti il trinitrofenolo o acido picrico, ha uno spiccato carattere acido e il suo cloruro, il cloronitrobenzene o cloruro di picrile, si comporta, rispetto all'acqua, come un vero cloruro acido; esso, riscaldato con acqua, si trasforma in acido picrico.

ACIDO FENICO O FENOLO (p.m. 94,05)

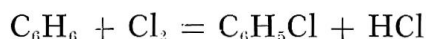
Questo acido fu scoperto da Runge nel 1843 fra i prodotti della distillazione del catrame di carbon fossile distillando frazionatamente gli olii medi che bollono fra 150 e 200°.

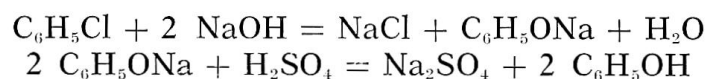
Per la fabbricazione degli esplosivi, il fenolo deve essere molto puro. In queste condizioni di purezza si presenta solido con un punto di fusione verso i 43°; qualora contenga anche piccole percentuali d'acqua, si presenta invece liquido.

E' solubilissimo in alcool, etere, cloroformio, benzina, acido acetico e olii grassi. E' deliquescente alla luce, e, se contiene tracce di metalli, si colora in rosso fino al bruno; ha un odore caratteristico, è velenoso e largamente impiegato come disinfettante, ed ha la seguente formula chimica:

Prima di parlare dei suoi derivati nitrici ritengo opportuno descrivere brevemente la preparazione del fenolo che può avvenire per solfonazione o per clorurazione del benzolo. Descriverò la più usata e cioè la seconda.

Metodo della clorurazione del benzolo - Questo metodo è molto usato negli Stati Uniti col nome Dew ed è basato sulla clorurazione del benzolo a caldo in presenza di catalizzatori tra cui il più economico è il ferro: si ottiene acido cloridrico che si ricupera e una miscela di clorobenzolo col 5% di dicloro derivati:

$$C_6H_6 + Cl_2 = C_6H_5Cl + HCl$$

Dalla miscela si isola il monocloro per distillazione frazionata e si tratta con soluzione di NaOH all'8% a 350 e 220 Atm. in apparati a serpentina a funzionamento continuo, contenenti NaCl e fenato sodico, si concentra per separare il cloruro sodico, ed il fenato si decompone con acido minerale:

$$C_6H_5Cl + 2\ NaOH = NaCl + C_6H_5ONa + H_2O$$
$$2\ C_6H_5ONa + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2\ C_6H_5OH$$

Tale metodo implica l'impiego di alte pressioni.

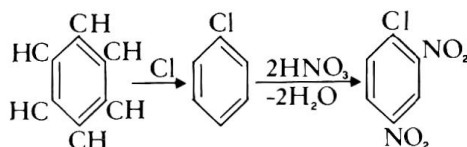
NITRAZIONE DEL FENOLO

L'acido nitrico concentrato agisce sul fenolo, come abbiamo detto, con molta energia, attacca l'anello aromatico con profonda ossidazione e resinificazione, e quindi con scarso rendimento in polinitroderivati. Di conseguenza la nitrazione si fa precedere da una solfonazione che favorisce la stabilità del gruppo aromatico, infirmata dall'ossidrile fenico; segue quindi lo scambio del radicale solfonico col nitrogruppo.

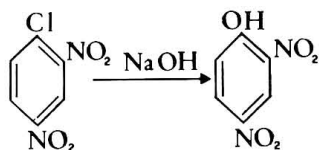
BINITROFENOLO (p.m. 180,02)

Il binitrofenolo si può ottenere difficilmente dal fenolo incompletamente nitrato, perchè si ha sempre formazione di molto acido picrico.

Fabbricazione - Si ottiene dal monoclorobenzolo trattando questo con miscela solfonitrica a 55° dentro un nitratore: si ha così il dinitroclorobenzolo:

CH, HC, CH, HC, CH, CH $\xrightarrow{Cl}$ Cl $\xrightarrow[-2H_2O]{2HNO_3}$ Cl, NO_2, NO_2

Si usa una miscela anidra al 30% di ac. nitrico e al 70% di ac. solforico. In un primo tempo si opera la mononitrazione con una miscela solfonitrica residua della binitrazione per aggiunta di oleum per compensare l'acqua formatasi. In un

secondo tempo si esegue la binitrazione con miscela vergine. Si sostituisce poi il cloro con l'OH

$$\text{Cl}-C_6H_3(NO_2)_2 \xrightarrow{NaOH} \text{OH}-C_6H_3(NO_2)_2$$

scaldando da 70 a 120° in autoclave sotto leggera pressione con soluzione di NaOH. Si procedc poi alla separazione e al lavaggio.

Il binitrofenolo è stato impiegato anche per ottenere ac. picrico che però non risulta molto puro. La sua fabbricazione presenta l'inconveniente di essere piuttosto tossica.

Proprietà fisico-chimiche - Si presenta in lamelle giallastre (fig. 81) con punto di fusione 114°. Non è molto solubile in acqua, ma le impartisce una forte colorazione gialla. Si scioglie in 21 parti di acqua bollente, o in 197 parti di acqua a 18° o in 7260 parti di acqua a 0°. L'alcool metilico ne scioglie il 6,13%, l'alcool

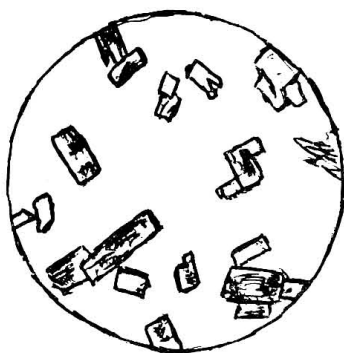



FIG. 81

2-4 Binitrofenolo cristallizzato dall'alcool etilico.

etilico il 3,9%. Al caldo è solubilissimo in alcool, etere, benzolo, cloroformio. Coi metalli forma sali, i binitrofenati, specie in presenza di umidità. Molto intaccati sono il piombo, il calcio, un po' meno il ferro, poco il nichel e l'alluminio e niente lo stagno. Date le sue scarse proprietà esplosive non si impiega mai da solo, ma sempre in miscela con ac. picrico **(MBT).**

Si carica in custodie di cartone come l'acido picrico.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Bilancio Ossigeno	— 78,2%
Calore formazione Kcal/Kg.	289
Punto di fusione	114°
Densità massima	1,50
Cavità Trauzl cc.	÷ 300
Velocità detonazione m/s	÷ 6800
Sensibilità berta da Kg. 2	cm. 70

ACIDO PICRICO O TRINITROFENOLO (p.m. 229,04)

Il trinitrofenolo è detto anche *Melinite, Lyddite, Pertite, Scimose, AP, Ecrasite.* Fu scoperto nel 1771 da Woulf.

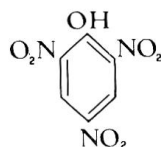
L'acido picrico fino a 50 anni fa, e cioè prima dello sviluppo della fabbricazione del TNT, molto probabilmente fu l'esplosivo militare più diffuso per le sue ottime caratteristiche esplosive, il costo moderato e la sua buona stabilità.

Quantunque più potente del tritolo, fu da questo detronizzato a causa della sua tossicità e della forte colorazione gialla.

Il maneggiarlo produce dermatosi, disturbi alle vie circolatorie, al sistema digerente e nervoso. All'infuori dello stagno e dell'alluminio, intacca tutti i metalli formando picrati, alcuni dei quali pericolosissimi perchè sensibili all'urto e allo sfregamento.

La sua temperatura di solidificazione è di circa 122° che ne rende, contrariamente al TNT, difficile il caricamento, per cui l'impiego, come diremo più avanti, è consigliato miscelandolo al TNT o alla nitronaftalina o al binitrofenolo *(MAT, MBT, MABT,* che vedremo più avanti). E' stato molto usato specialmente in Francia.

La sua formula è la seguente:

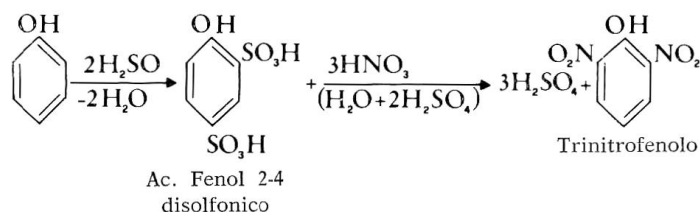
OH
O_2N NO_2
NO_2

Fabbricazione - La preparazione industriale dell'acido picrico si può fare in tre modi. Descriverò il principale che consiste nella nitrazione del fenolo o dell'acido fenolsofonico in modo da pervenire direttamente al trifenolo simmetrico.

Il processo è fondato principalmente sulla preparazione del fenolo sintetico, che permette di utilizzare, se necessario, il benzene. Inoltre il fenolo sintetico è più puro di quello estratto dal carbon fossile di catrame.

Come abbiamo detto nel paragrafo riguardante la « Nitrazione del fenolo », la nitrazione si fa precedere da una solfonazione che favorisce la stabilità del gruppo aromatico, facendolo quindi seguire dallo scambio del radicale solfonico col nitrogruppo.

Sarebbe quindi opportuno ottenere nel primo stadio acido trifenolsolforico e far agire su di esso l'ac. nitrico:

$$C_6H_5OH \xrightarrow[-2H_2O]{2H_2SO} C_6H_3(OH)(SO_3H)_2 + \xrightarrow[(H_2O+2H_2SO_4)]{3HNO_3} 3H_2SO_4 + C_6H_2(OH)(NO_2)_3$$

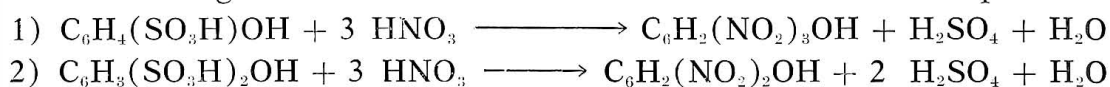
Ac. Fenol 2-4 disolfonico — Trinitrofenolo

In tal modo si otterrebbe una resa del 220% sul peso del fenolo; però l'acido trifenolsolfonico è di complicata preparazione, necessitando l'uso di oleum e di temperatura elevata. Si usano quindi acidi mono e disolfonici che facilitano la reazione, pur portando a rese minori (170-200) sia per azioni ossidanti che per il formarsi di derivati nitrosolfonici solubili in acqua e quindi andati persi nei lavaggi.

Nella pratica si trattano 100 parti di fenolo con 500 parti di acido solforico a 66° Bé che si riscalda a 95-100°. In tal modo si forma un miscuglio di acido parafenolsolfonico e di ac. 2-4 fenolbisolfonico.

La nitrazione avviene di solito in giarre di grès, impiegando da 4 a 5 parti di ac. nitrico, ossia 275 parti per 100 parti di fenolo. Il miscuglio più adatto è il seguente: HNO_3 70%, H_2SO_4 10%; H_2O 20%. Il riguadagnato ha la composizione: H_2SO_4 35%; HNO_3 1%; ac. picrico 1%; ac. ossalico e altre sostanze organiche 5%; acqua 57-58%.

La composizione di questo miscuglio varia leggermente in funzione del rapporto fenolo-ac. solforico, e della durata di riscaldamento. Questi due acidi reagiscono con l'ac. nitrico in eccesso secondo le equazioni:

1) $C_6H_4(SO_3H)OH + 3\ HNO_3 \longrightarrow C_6H_2(NO_2)_3OH + H_2SO_4 + H_2O$

2) $C_6H_3(SO_3H)_2OH + 3\ HNO_3 \longrightarrow C_6H_2(NO_2)_3OH + 2\ H_2SO_4 + H_2O$

Il rendimento della reazione 1) non è mai superiore a 160 parti di ac. picrico per 100 parti di fenolo.

Il solfonatore è una caldaia di materiale antiacido con tubulature superiori di immissione dell'acido solforico e del fenolo, agitatore meccanico, ed aperture inferiori di scarico con rubinetto.

La nitrazione vera e propria può avvenire secondo vari processi. I principali sono i seguenti:

1) **Sistema a terrine mobili.**

2) **Processo americano.**

3) **Metodo continuo.**

Descriverò molto brevemente tali processi.

Sistema a terrine mobili - La nitrazione avviene con HNO_3 in giarre di terra cotta formate da due pezzi con interposizione di coibenti. La terrina viene caricata con Kg. 275 di HNO_3 al 44% e con acido disolfonico tiepido agitando con aria compressa. La temperatura sale fino a 120°, ma deve essere fissata a 100°, agitando di tanto in tanto per rompere le croste e lasciando reagire per 3 o 4 ore.

Occorre infine aggiungere circa 100 litri di acqua per diluire gli acidi e diminuire la solubilità dell'acido picrico nel bagno, e infine scaricare per decantazione e lavare il prodotto. Le eventuali croste si macinano sott'acqua e si passano ad una successiva nitrazione e quindi alla centrifugazione o alla setacciatura su rete di rame o di alluminio.

Processo americano - Nell'ultima guerra mondiale gli Stati Uniti ripresero un vecchio sistema proposto nel 1908 da Wolffenstein e Boters, col quale si possono ottenere 2-4 dinitrofenolo ed ac. picrico trattando il benzolo con una soluzione di nitrato di mercurio in ac. nitrico al 50 % nel modo seguente:

Si sciolgono 0,28 moli di nitrato di mercurio, 0,015 moli di nitrato di manganese e 0,005 moli di nitrato d'alluminio in 1000 parti di ac. nitrico al 50%. Quindi, mantenendo la temperatura a 65°, si aggiungono 100 parti di benzolo e 800 di ac. nitrico al 70%. Si scalda infine a 117° per nitrare ancora ad ac. picrico i mono e i dinitrofenoli. I vapori nitrosi abbondantissimi vengono recuperati mediante assorbimento con ac. solforico. Da 100 parti di benzolo si ottengono 150 parti di ac. picrico e 18 parti di mono e dinitrobenzoli. Tutta l'apparecchiatura è in acciaio inossidabile.

Metodo continuo - Questo si applica in vasconi di m. 25 × 0,60 × 0,50 rivestiti internamente di ceramica. Ogni vascone è coperto per 22 m. da piastre di grès, e porta di metro in metro tubi di sviluppo per i vapori nitrosi e tubi adduttori di vapore diretto. Il primo scompartimento scoperto è separato dal resto da un tramezzo che è scavalcato dalla corrente liquida, ed ha un falso fondo bucherellato, sotto il quale si immette vapore, mentre dal disopra arriva ac. fenolsofonico e da numerosi tubi, l'acido nitrico.

In fondo alla vasca vi è un tutto pieno di scarico. A parte si prepara una soluzione solfonica di ac. fenolsolfonico formato da una parte di fenolo e due di ac. solforico, si diluisce a D. = 1,6 e si immette nell'apparato in modo continuo; simultaneamente si fa arrivare ac. nitrico al 65% e riguadagnati arricchiti opportunatamente di ac. nitrico. La temperatura si eleva a 102° con vapore diretto lungo il percorso. La sospensione traboccante dal troppo pieno finale, si raccoglie in un tino con fondo amovibile in cui l'acido picrico sedimenta, mentre gli altri acidi vengono sifonati. L'esplosivo greggio viene poi inviato ai lavaggi e alla finitura. Si ha una resa del 195% del fenolo.

Naturalmente in ciascun sistema si ha uno sviluppo di vapori nitrosi che vengono raccolti in torri di assorbimento.

Le acque di lavaggio a causa della loro velenosità, non si possono immettere in corsi d'acqua, e quindi si salificano con carbonato sodico raccogliendo per concentrazione picrato sodico, da cui, acidificando, si ottiene l'acido picrico, oppure per trattamento con cloruro di calcio, si ottiene cloropicrina.

Proprietà fisico-chimiche - L'acido picrico (fig. 82) si presenta in lamelle giallo chiare. Si ottiene incoloro cristallizzandolo da solventi

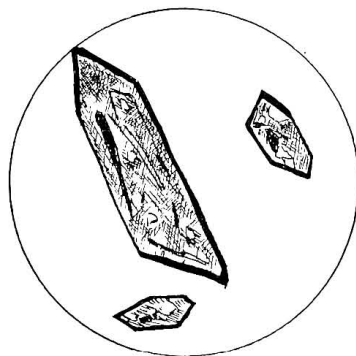



FIG. 82

Ac. picrico cristallizzato dall'alcool etilico.

perfettamente anidri, da ligroina o da ac. cloridrico concentrato. Secondo Hantzsch l'acido picrico colorato ha una costituzione chinonica. E' di sapore amarissimo, da cui il suo nome dal greco « picros » = amaro, abbastanza velenoso, per cui esercita azione tossica sull'organismo.

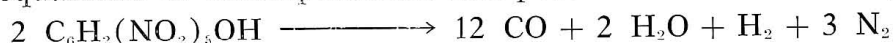
Le macchie che lascia sulla pelle si possono asportare, con qualche difficoltà, con glicerina oppure per mezzo della pietra pomice, in soluzione satura in acqua serve contro le scottature. Alla luce imbrunisce leggermente, ma acquista più sensibilità per cui è bene non lasciarlo al sole.

E' pochissimo solubile in acqua fredda che però colora in giallo, un poco più in quella calda; invece è molto solubile nell'alcool, nell'etere, nella glicerina, nel toluene, nell'acido solforico concentrato. Le sue soluzioni hanno reazione acida. Con l'albumina, gli alcaloidi, di cui è un reattivo generale formando caratteristici cristalli, con le anime alifatiche e aromatiche o cicliche in genere, forma dei precipitati.

TABELLA 41
SOLUBILITA' DELL'ACIDO PICRICO
IN GR. PER 100 GR. DI SOLVENTE (da W.R. Tomlinson)

Temperatura / solvente	0° C	20° C	40° C	60° C	70° C	80° C	100° C
Acqua	0,010	0,013	0,028	0,067	—	—	0,15
Acetone	57	109	228	600		72000	
Benzene	13	67	180	468		71700	
Toluene	28	55	130	367			
Tetracloruro di carbonio	0,20	0,65	1,75	6,90	17,3		
Etere	1,73	3,29					
Cloroformio	6	19	66	302			
Etanolo	0,62	1,25	2,85	8,4	15		
Solfuro di carbonio	0,14	0,44	1,4				
Piridina		140	250	640	1250		
Acetato di metile		73	135				
Acido solforico		4					

L'equazione di decomposizione alla potenza massima è la seguente:

$$2\ C_6H_2(NO_2)_3OH \longrightarrow 12\ CO + 2\ H_2O + H_2 + 3\ N_2$$

e si verifica nella detonazione delle cariche di ac. picrico.

Fonde a 122,5°; se riscaldato lentamente all'aria libera, a 160° comincia a decomporsi, finchè a 300-310° si accende con fiamma fuliginosa e può esplodere se in forte quantità con grande violenza. Può detonare anche per influenza. Non è igroscopico se puro e non si altera all'aria e alla luce, non va soggetto a congelazione, però conviene conservarlo in locali asciutti.

Allo stato cristallino non compresso ha densità 1,4; peso specifico 1,76; allo stato fuso può raggiungere gli 1,64 e se fuso e compresso a 7000 Atm. può raggiungere gli 1,72. Quando è cristallino è poco sensibile, se fuso e cristallizzato invece di più. *Esplode per detonazione mediante l'impiego di un detonatore secondario di ac. picrico cristal-*

TABELLA 42

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI PIU' NOTI ESPLOSIVI SECONDARI

Caratteristiche principali	Nitro-glicer.	Tetra-nitro-isobutil-glicer.	Nitro-glicol	Nitrodi-glicol	T_4	P_e	TNT	Tetrile	Ac. Picrico	Polvere nera (mina)	Cotone collodio	Cotone fulmi-nante
Peso molecolare	227,1	286,08	152,04	196,07	222,1	316,2	227,1	287,2	229,1	—	1053,03	1143,3
Calore form. Kcal/Kg	369	175	366	506	— 94	387	59	— 35	221	—	705	624
Calore esplos. Kcal/Kg	1510	1700	1485	1028	1290	1450	1030	1170	1040	740	780	1020
Bilancio 0_2 in peso %	3,5	0	0	— 40,8	— 21,6	— 10,1	— 73,9	— 47,4	— 45,4	—	— 38,7	— 28,6
Vol. esplos. l/Kg.	715	732	736	1028	908	782	720	940	700	325	940	—
Temp. esplosione	4400°	3800°	3600°	2810°	4000°	4500°	3000°	3600°	3100°	2700°	2100°	3100°
Forza Kg/cm²	12900	11325	13000	12.020	13700	13200	8200	10400	9500	3250	8600	9700
Veloc. det. m/s	7600	7600	7300	6600	8200	8400	7100	7500	7350	1400	5400	6200
Trauzl cc.	620	560	620	410	520	500	285	400	305	180	250	400
Temperatura infiam.	220°	160°	195°	190°	290°	195°	300°	180°	340°	300°	170°	180°
Sens. Berta Kg. 2	4-5 cm.	6 cm.	15 cm.	20 cm.	40 cm.	÷27 cm.	÷100 cm.	30 cm.	40 cm.	70 cm.	40 cm.	30 cm.
Stabilità Abel	14-16'	4'	6-10'	—	> 60'	÷ 60'	> 60'	÷ 60'	—	—	—	—
Densità	1,6	1,68	1,49	1,39	1,7	1,62	1,6	1,5	1,64	1,7	1,60	1,66

N.B. - Ritengo opportuno far presente, come già accennato precedentemente, che sui dati sopra descritti non tutti gli autori sono d'accordo, poichè tra l'uno e l'altro è facile trovare differenze anche notevoli. Io mi sono attenuto agli autori che vanno per la maggiore (Beyling, Giua, Marshall, Pascal, Stettbacher, ecc.).

lino compresso, a sua volta innescato da una capsula la quale, da sola, anche se energica, ben difficilmente riesce a raggiungere lo scopo. Dopo la fusione, durante il raffreddamento, solidificandosi dà origine alla formazione di cristalli molto pericolosi all'urto e allo sfregamento per cui conviene agitare continuamente allo scopo di evitare la loro formazione.

L'acido picrico, oltre al potere tossico che esercita sull'organismo, presenta altri inconvenienti: più grave di tutti quello di attaccare, come già detto, buona parte dei metalli formando dei sali chiamati trinitrofenati o picrati (vedi più avanti), in quanto l'H del gruppo ossidrilico può essere sostituito da un metallo monovalente con formazione di un sale chiamato appunto picrato. **I picrati sono tutti sensibili all'urto e specialmente allo sfregamento.**

I più intaccati e coi quali forma i picrati, sono: ferro, zinco, rame e piombo che è il più sensibile, i quali entrano quasi tutti nella struttura dei proiettili, l'alluminio è poco intaccato, il nichelio e lo stagno purissimo non lo sono affatto.

Il caricamento quindi, allo scopo di non far formare i picrati, occorre farlo in custodie che generalmente sono di cartone verniciato. Data l'alta temperatura di fusione dell'acido picrico, non è possibile impiegare l'acqua quale bagnomaria e quindi si è costretti ad impiegare altro liquido. Sia la fusione, che avviene generalmente in un recipiente di metallo intaccabile tenuto a bagnomaria di paraffina fusa, che il caricamento dei proiettili, è una cosa delicata. Infatti si fa a 130°. Malgrado l'ac. picrico dia luogo ad una ossidazione incompleta è dotato di un elevato potere dirompente, dovuto alla sua velocità di detonazione. Dato il suo punto di fusione molto elevato, il caricamento, come detto, è difficile, per cui si carica mescolato ad altre sostanze che abbassano il punto di fusione come il tritolo, il dinitrofenolo, ecc.

L'acido picrico puro, usato come esplosivo, fu detto in Italia *Pertite*; la carica esplosiva ottenuta per fusione, indi lasciata solidificare, si presenta come una massa giallastra, molto più scura del prodotto cristallizzato, con una struttura cristallina aghiforme raggiata.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Densità massima	1,68
Temperatura di eplosione	310°
Temperatura di esplosione	3200°
Temperatura di accensione	310-315°
Calore di esplosione in Kal	1040
Calore di formazione Kcal/Kg.	221
Volume gas in litri	675
Pressione specifica Atm/Kg.	8900
Trauzl cc.	315
Velocità detonazione m/s	7100
Berta con peso da 2 Kg., cm.	40

Reazioni dell'acido picrico - Riscaldando l'acido picrico con soluzione acquosa di cianuro di potassio in presenza di alcali, si ottiene una colorazione rosso sangue (reazione dell'acido purpurico). Le soluzioni ammoniacali dell'acido picrico danno dei precipitati cristallini con l'acetato di piombo (precipitato giallo arancione) e col solfato di rame (verde scuro).

ANALISI CHIMICA

Determinazione quantitativa dell'ac. picrico. Metodo Kuster - Consiste nella titolazione dell'acido picrico con sol. N/10 di idrossido di bario usando come indicatore la fenolftaleina. Con questo metodo si può determinare l'ac. picrico in presenza di idrocarburi aromatici, ma non di polinitrocomposti, come trinitrobenzene, trinitrotoluene, ecc. che vengono intensamente colorati dall'alcali.

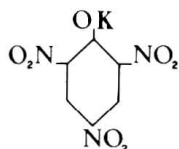
Un cc. della soluzione di idrossido di bario corrisponde a 0,02283 gr. di ac. picrico.

PICRATI

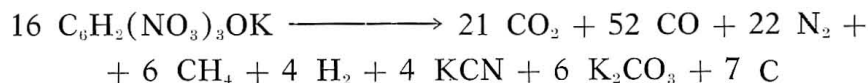
L'acido picrico può formare, come abbiamo detto, con dei sali, i *picrati*, che possono essere impiegati come potenti esplosivi, col difetto però di essere molto sensibili agli urti e di avere una potenza inferiore agli altri esplosivi più moderni.

Ne citerò due soltanto e cioè i due più importanti:

PICRATO DI POTASSIO (p.m. 267,13)

OK
O_2N NO_2
NO_2

Il picrato di potassio (fig. 83) si ottiene cristallizzato in aghi o prismi gialli trattando a caldo una soluzione di ac. picrico con un alcali, generalmente il carbonato di potassio. Riscaldato a 300° deflagra e detona sotto l'influenza dell'urto.

A densità di carica 0,5, l'equazione di decomposizione pare sia la seguente:

$$16\ C_6H_2(NO_3)_3OK \longrightarrow 21\ CO_2 + 52\ CO + 22\ N_2 +$$
$$+ 6\ CH_4 + 4\ H_2 + 4\ KCN + 6\ K_2CO_3 + 7\ C$$

In Francia sono state fatte delle polveri a base di picrato di potassio mescolato a nitrato di potassio e carbone, **dette polveri Designolle**, ma essendo

molto pericolose ed avendo dato luogo a numerose esplosioni, sono state abbandonate.

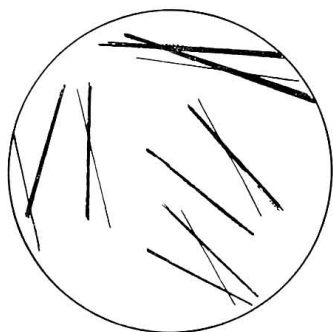



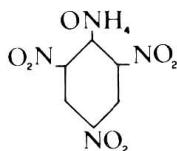
FIG. 83

Picrato di potassio cristallizzato dall'alcool etilico.

PICRATO DI AMMONIO (p.m. 246,08)

ONH_4

O_2N — NO_2

NO_2

Il picrato di ammonio o trinitrofenato ammonico o *esplosivo D* si prepara sospendendo l'acido picrico in acqua bollente, aggiungendo un leggero eccesso di soluzione concentrata di ammoniaca e lasciando raffreddare sotto agitazione con aria; oppure invece dell'ammoniaca, si può adoperare il carbonato di ammonio o l'ammoniaca gassosa.

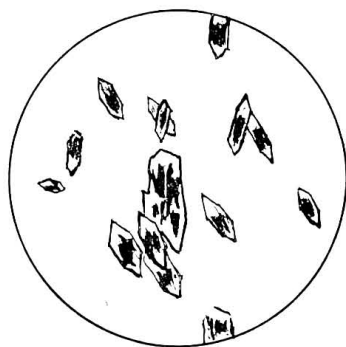



FIG. 84

Picrato di ammonio cristallizzato dall'alcool etilico.

Fonde con decomposizione a 270° circa; il peso specifico è di 1,717 e per compressione a 7000 Atm. può raggiungere la densità di 1,64. Cristallizza in lamelle ortorombiche o in aghi molto solubili in acqua e poco in alcool (fig. 84) e acetone, è insolubile in benzolo, toluolo ed etere.

SOLUBILITA' DEL PICRATO DI AMMONIO
grammi in 100 cc. di soluzione

(Davis. Chemistry of Powder pag. 168)

TABELLA 43

Temperatura	Acetato di etile	Alcool etilico
0°	0,290	0,515
10°	0,300	0,690
20°	0,338	0,850
30°	0,380	1,050
40°	0,420	1,320
50°	0,450	1,890
60°	0,500	2,164
70°	0,540	2,760
80°	0,560	3,620

Attacca molto lentamente i metalli ed è meno sensibile all'urto dell'acido picrico e del TNT e la sua potenza è leggermente inferiore a quest'ultimo

La sua equazione di decomposizione è la seguente:

$$C_6H_6O_7N_4 \longrightarrow 6\ CO + H_2O + 2\ H_2 + 2\ N_2$$

Ma dato che nella decomposizione rimane un residuo carbonioso, l'equazione è solo teorica.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Calore formazione Kcal/Kg.	366
Calore esplosione Kcal/Kg.	800
Bilancio O_2	— 52%
Volume di esplosione l/Kg.	820
Temperatura della fiamma di esplosione	2150°
Forza Kg/cm.^{2}	7600
Velocità detonazione m/s	7150
Cavità al Trauzl cc.	280
Temperatura decomposizione esplosiva	320°
Sensibilità alla berta da Kg. 2, cm.	100

Tale composto fu adoperato in Francia per fare le così dette **polveri Brugère** composte di nitrato di potassio e picrato d'ammonio.

Gli americani chiamarono il picrato d'ammonio col nome di **Esplosivo II** e fecero una miscela chiamata **Picratol** composta del 52% di picrato d'ammonio e 48% di TNT per il caricamento di granate semiperforanti perchè meno sensibili agli urti, pur avendo una potenza inferiore al TNT.

MISCUGLI ESPLOSIVI CONTENENTI ACIDO PICRICO

M.A.T. - Miscela composta di ac. picrico 60% e TNT 40%. E' una massa di color giallo, rammollisce a 55-56° e a 85° la fusione è completa. Fu adoperata nella guerra 1915-18 per caricare proiettili di medio calibro. E' una miscela abbastanza potente con un Trauzl di 285 cc.

M.B.T. - E' composta del 60% di ac. picrico e 40% di binitrofenolo. Ha color giallo bruno. Rammollisce a 68°. La fusione completa si ha a 77°. Fusa può raggiungere la densità di 1,65. Ha sapore amaro ed è più velenosa della precedente ed oltre ai picrati può formare i binitrofenati. Fu usata in granate di medio calibro. Ha un Trauzl di 240 cc.

M.A.B.T. - E' una miscela di ac. picrico, tritolo, binitrofenolo ed è ottenuta da una mescolanza di M.A.T. ed M.B.T. Richiede un forte innesco e fonde completamente a 65-70°. Ha un Trauzl di 300 cc.

Altre miscele che in passato sono state adoperate e che poi furono abbandonate sono:

La polvere Borlinetto, l'Ossonite, la polvere BOYD, la polvere verde, la Victoria, la polvere da mina Lake erano composte quasi tutte da ac. picrico, nitrati, nitronaftaline, ecc. Tali miscele furono abbandonate perchè nell'esplosione, formavano gas nocivi, erano poco potenti e poco stabili a causa della composizione dei componenti.

In Inghilterra si usavano la **Lyddite** composta di ac. picrico 87%, nitrobenzolo 10%, vaselina 3%, la **Shellite** composta di picrato d'ammonio 43%, picrato di potassio 57%, la **Polvere picrica** con 43% di picrato di ammonio e il 57% di picrato potassico. La **Tridite** con ac. picrico 90% Binitrofenolo 10% e la **Trimonite** esplosivo da guerra americano composto di ac. picrico 88%, mononitronaftalina 12% sono stati usati nell'ultima grande guerra.

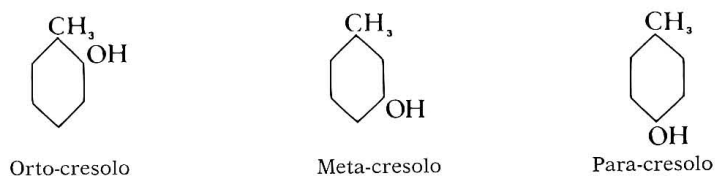
CAPITOLO SETTIMO

NITRODERIVATI DEL CRESOLO

Oltre al fenolo, gli olii medi del catrame di carbon fossile, contengono isomeri del *cresolo* dei quali soltanto il metacresolo contenuto in quantità predominante, può fornire per nitrazione un nitroderivato simmetrico:

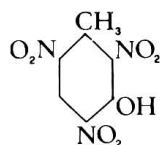
CH_3 OH — Orto-cresolo

CH_3 OH — Meta-cresolo

CH_3 OH — Para-cresolo

TRINITRO-M-CRESOLO (p.m. 243,13)

Tale composto viene chiamato anche *trinitrocresolo* o *cresilite*. Si ottiene facilmente sciogliendo il m-cresolo in ac. solforico e dopo formazione dell'acido cresosolforico che è solubile in acqua, trattandolo con ac. nitrico diluito. L'operazione procede come per l'ac. picrico, dando però un minor rendimento (160% rispctto al cresolo adoperato), in quanto nell'anello aromatico entrano composti estranei che lo rendono meno stabile.

La sua formula è la seguente:

CH_3 O_2N NO_2 OH NO_2

Si presenta sotto forma di lunghi aghi gialli dall'acqua e dall'alcool (fig. 85). Ha un punto di fusione di 108-109°. Come l'acido picrico ha sapore amaro e tinge in giallo le fibre animali. A 20° si scioglie in 449 parti di acqua, a 100° in 123. Si scioglie facilmente

anche in alcool, acetone, etere e benzene. Con le basi e i metalli origina dei sali molto sensibili come i picrati.

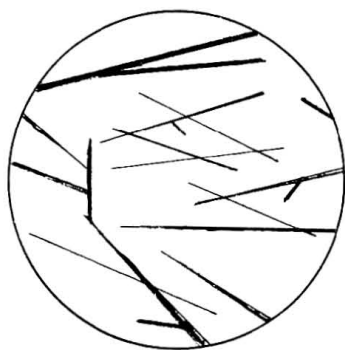



FIG. 85

2-4-6 trinitrometacresolo cristallizzato dall'alcool etilico.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Bilancio O_2	— 62,5%
Calore formazione Kcal/Kg.	240°
Punto di fusione	109,5°
Densità massima	1,60
Cavità al Trauzl cc.	285
Velocità detonazione m/s	6850
Sensibilità alla bertà da Kg. 2, cm.	60
Sensibilità al calore	150°

Venne usato a scopo bellico in miscele con ac. picrico sotto il nome di **Cresilite** allo scopo di abbassarne notevolmente il punto di fusione. La cresilite è una miscela di 60 parti di trinitrocresolo e 40 di ac. picrico e fonde a 85°.

Per sostituzione dell'H del gruppo ossidrilico si formano i cresilati simili ai picrati, ma molto meno sensibili.

L'Ecrasite adoperata in Austria non è che **cresilato d'ammonio** che si caricava negli obici essendo poco sensibile.

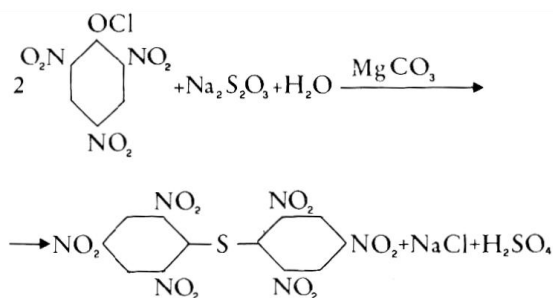
SOLFURO DI PICRILE O ESANITRODIFENILSOLFURO (p.m. 456,2)

E' un esplosivo molto costoso e quindi difficilmente impiegato anche per uso bellico. Fu ottenuto per primo da Willgerodt nel 1894.

Fabbricazione - Si può ottenere in due modi:

1) Per azione del tiosolfato sodico sul cloruro di picrile in soluzione alcoolica, in presenza di carbonato di Magnesio:

$$2\ \overset{OCl}{\underset{NO_2}{O_2N\langle C_6H_2\rangle NO_2}} + Na_2S_2O_3 + H_2O \xrightarrow{MgCO_3}$$

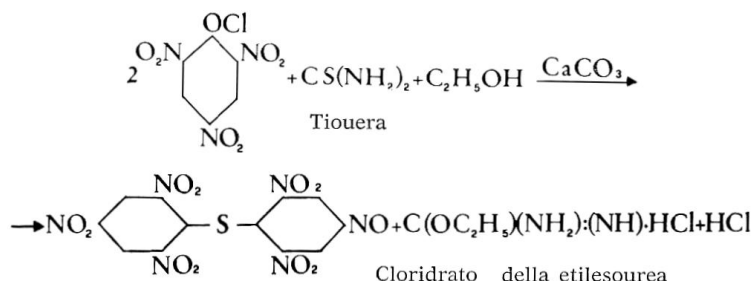
$$\longrightarrow NO_2\overset{NO_2}{\underset{NO_2}{\langle C_6H_2\rangle}}-S-\overset{NO_2}{\underset{NO_2}{\langle C_6H_2\rangle}}NO_2 + NaCl + H_2SO_4$$

Il carbonato di Magnesio viene aggiunto per neutralizzare l'ac. solforico libero che agisce in senso sfavorevole.

Per la preparazione del cloruro di picrile industrialmente si parte dal benzolo clorurandolo e quindi nitrandolo.

L'aggiunta di due gruppi nitrici avviene facilmente, non così l'aggiunta del terzo gruppo il quale si ottiene soltanto con miscele nitranti molto concentrate.

2) Si può avere anche per azione della tiourea su cloruro di picrile in soluzione alcoolica e in presenza di carbonato di calcio.

$$2\ \overset{OCl}{\underset{NO_2}{O_2N\langle C_6H_2\rangle NO_2}} + \underset{\text{Tiouera}}{CS(NH_2)_2} + C_2H_5OH \xrightarrow{CaCO_3}$$

$$\longrightarrow NO_2\overset{NO_2}{\underset{NO_2}{\langle C_6H_2\rangle}}-S-\overset{NO_2}{\underset{NO_2}{\langle C_6H_2\rangle}}NO + \underset{\text{Cloridrato della etilesourea}}{C(OC_2H_5)(NH_2){:}(NH)\cdot HCl} + HCl$$

Dalle acque madri del cloridrato della etilesourea per aggiunta di calce e riscaldamento, si può recuperare tutto l'azoto sotto forma di ammoniaca. Per purificare il solfuro di picrile lo si riscalda brevemente con circa tre quarti di ac. nitrico di p.s. 1,48.

Proprietà fisico-chimiche - Il solfuro di picrile si presenta sotto forma di cristalli colorati in giallo (fig. 86) con punto di fusione di

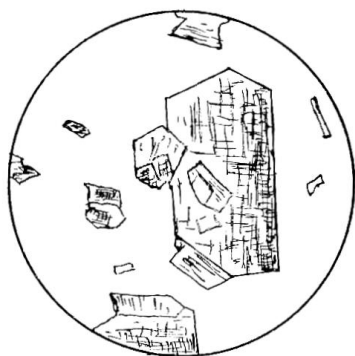



FIG. 86

Solfuro di picrile cristallizzato dall'alcool etilico.

231°. E' stabile e può essere compresso anche a 2000 Atm. raggiungendo la densità di 1,7. Viene mescolato al trinitroanisolo per ottenere un minor punto di fusione che è inferiore a 100°. E' solubile in acido acetico e acetone, insolubile in acqua.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

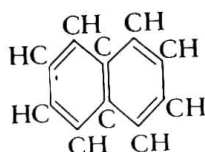
Bilancio O_2	— 63,2%
Calore formazione Kcal/Kg.	—
Calore espolsione Kcal/Kg.	—
P. fusione	234°
Temperatura accensione	290°
Densità massima	1,65
Trauzl cc.	320
Velocità detonazione m/s	7000
Sensibilità Berta da 2 Kg., cm.	60
Temperatura di accensione	305-320°

E' stato usato in Germania mescolato al trinitroanisolo per bombe da aereoplano. Non è tossico.

CAPITOLO OTTAVO

NITRODERIVATI DELLA NAFTALINA

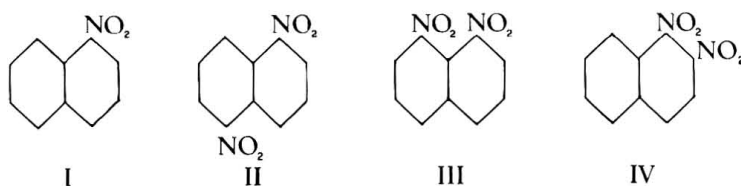
La naftalina:

CH CH
HC C CH
HC C CH
CH CH

è ricavata dalla distillazione frazionata del catrame di carbon fossile verso 200°. Trattata con ac. nitrico forma facilmente nitroderivati poichè la presenza di un secondo gruppo benzenico facilita l'entrata dei gruppi nitrici. In una prima fase, prende origine un composto di addizione tra una molecola di idrocarburo e una molecola di ac. nitrico; in seguito l'ac. nitrico, non solo esercita un'azione nitrante, ma a seconda della temperatura e della concentrazione, agisce pure come ossidante. Per la preparazione industriale delle nitronaftaline, oltre all'ac. nitrico a 34° Bé, attualmente si ricorre ad un miscuglio nitrico-solforico contenente acqua.

Nella nitrazione della naftalina si forma solo nitroderivato-mono (I); il nitroderivato si prepara per via indiretta.

La mononitronaftalina, nitrata ulteriormente, forma due binitronaftaline (II e III), ma se si tratta la naftalina con miscuglio nitrico solforico a bassissima temperatura (— 50° : — 60°) insieme alla binitronaftalina si forma l'isomero 1,2 (IV).

NO_2 NO_2 NO_2 NO_2 NO_2 NO_2 NO_2 NO_2

I II III IV

Industrialmente si ottiene la mescolanza di tre isomeri che fonde

verso 140°, i loro punti di fusione rispettivi sono: 217°; 167°; 144°. La mescolanza ha dunque un punto di fusione più basso di ogni singolo costituente. Il grado di nitrazione dipende naturalmente dalla composizione dei miscugli solfonitrici, dalla temperatura di nitrazione e dal rapporto naftalina-miscuglio nitrante.

MONONITRONAFTALINA (p.m. 173,05)

Si presenta sotto forma di aghi giallo lucenti (fig. 87) ed ha la seguente formula. $C_{10}H_7NO_2$. Facilmente solubile in benzolo ed alcool. Ha punto di fusione 55-56° e bolle a 304°. Veniva impiegata in qualche miscela, per es. nelle **nitronaftiti.**

FIG. 87

Mononitronaftalina cristallizzata dall'alcool etilico.

Inoltre era adoperata per rendere incongelabili alcuni tipi di dinamiti e come agglomerante di qualche tipo di **cheddite.** Non è una sostanza esplosiva vera e propria.

DINITRONAFTALINA (p.m. 218,05)

E' la più usata, con formula $C_{10}H_6(NO_2)_2$, siglata con le lettere *DNN* e detta anche *naftite,* miscuglio di vari isomeri. Essendo la più usata merita di descriverne il metodo di fabbricazione. Industrialmente è ottenuta dalla nitrazione della mononitronaftalina greggia.

La miscela solfonitrica impiegata ha la seguente composizione:

$$H_2SO_4 = 51\%$$
$$HNO_3 = 29\%$$
$$H_2O = 20\%$$

Si adoperano precisamente Kg. 288 di miscela solfonitrica per 100 Kg. di mononitronaftalina.

Si utilizzano inoltre 400 Kg. di acidi residuati da un'operazione precedente. Si adopera un nitratore con l'agitatore ad elica e senza serpentini di raffreddamento. Non si può colare la solfonitrica sulla mononitronaftalina perchè si produrrebbe un indurimento della materia, che bloccherebbe l'agitatore e impedirebbe il contatto della solfonitrica col prodotto da nitrare.

Perchè la nitrazione sia molto regolare, bisogna accertarsi che la binitronaftalina precipiti sotto forma di piccolissimi grani. Si è constatato che questa condizione dipende dalla concentrazione del bagno e dall'agitazione. Nel nitratore bisogna immettere contemporaneamente la solfonitrica e la mononitronaftalina. Si introducono quindi nel nitratore 400 Kg. di acidi residuati provenienti da un'operazione precedente e 700 Kg. di solfonitrica, e quindi si comincia il colaggio. La temperatura durante il colaggio è mantenuta a 45°; si porta poi a 55° alla quale si mantiene per due ore.

Dopo raffreddamento a 40° si mette su filtro, poi si procede ai lavaggi prima con gli acidi residuati di mononitrazione per alzare l'acido nitrico dei vecchi acidi che impregnano la binitronaftalina, poi con acqua.

Questi lavaggi si fanno prima a freddo su filtro, poi a caldo in tini di lavaggio.

FIG. 88

Dinitronaftalina tecnica α e β cristallizzata dall'acetone.

La dinitronaftalina, date le sue scarse qualità esplosive, viene impiegata sempre in miscela e con esplosivi più potenti come tritolo 50/50.

Per gli esplosivi da mina ho notato che, mescolata per es. anche solo nelle proporzioni 3-5% ad esplosivi a base di nitrato ammonico e tritolo, fa aumentare la loro potenza. La distanza di colpo, non aumenta neanche con l'aggiunta del 10%.

A causa del suo potere agglutinante, si presta bene ad essere mescolata a sostanze ossidanti e specialmente al nitrato ammonico, i cui grani vengono, sotto un certo punto di vista, da lei rivestiti, per cui rimangono un po' protetti dalla umidità. Un esplosivo bellico che ebbe una discreta importanza fu la **Schneiderite** con 87,4% di nitrato ammonico e 12,6% di binitronaftalina con trauzl di 350 cc. usato in Francia; la **Siperite** adoperata in Italia e che fu chiamata anche **MNDT** formata dal 73% di nitrato ammonico, 17% di TNT e 10% di DNN. Altra miscela era il così detto **Nougat** o **MST** formata da nitrato ammonico 49%, tritolo 44%, dinitronaftalina 7%.

La dinitronaftalina entra anche negli esplosivi Favier di sicurezza.

Proprietà chimico-fisiche - La dinitronaftalina è di color giallo opaco, è solubile in acqua, poco solubile in alcool, molto in benzolo e

in acetone (fig. 88). Il suo punto di fusione può oscillare dai 135 a 155° Riscaldata lungamente a 318° si decompone con formazione di schiuma. *Bilancio* O_2 = — 139%; *Cal. formazione Kcal/Kg.* ÷ 33; *P.f* = ÷ 140; *Densità massima* = 1,4; *Sens. calore* = 318°.

ANALISI CHIMICA

Residuo insolubile - Gr. 5 si sciolgono in acetone a caldo e, dopo raffreddamento si raccoglie il residuo insolubile su filtro tarato; si secca a 100° in stufa. Deve lasciare un residuo non superiore al 2%.

Ceneri - Si incenerisce il filtro in crogiolo o meglio in capsula di platino. Generalmente si aggirano sull'1%.

Punto di fusione - Si eseguisce nel solito modo e varia generalmente da 135 a 155°.

Saggio Abel - Si esegue a 80°.

La binitronaftalina in soluzione acetonica con l'aggiunta di KOH al 10% dà un color rosso sangue.

TRINITRONAFTALINA (p.m. 263,08)

E' ottenuta per nitrazione della dinitronaftalina ed ha la seguente formula:

NO_2 NO_2

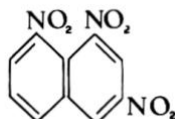
NO_2

E' costituita da una mescolanza di isomeri (figg. 89-90-91). E' pochissimo usata per il suo scarso potere agglutinante. Si usava in Ger-

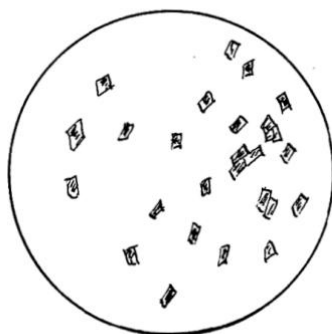
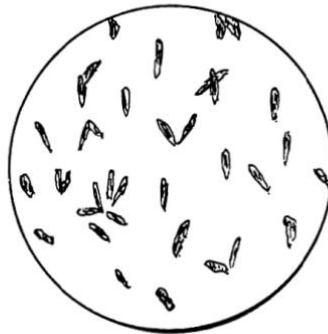
FIG. 89

α - Trinitronaftalina 1-3-5 cristallizzata dall'alcool metilico

FIG. 90

β - Trinitronaftalina 1-3-4 cristallizzata dall'alcool etilico

FIG. 91

γ - Trinitronaftalina 1-4-5 cristallizzata dall'alcool metilico

mania mescolata al TNT per diminuire la sensibilità e la velocità di detonazione onde evitare una scheggiatura minuta nei proiettili ed era chiamata **naftite** o **trinal**.

Nella prima guerra mondiale si adottò la miscela **TRI-TRINAL** formata da una parte di trinitronaftalina e due parti di TNT. Da sola la trinitronaftalina, anche col detonatore, esplode difficilmente se non è compressa, se compressa a d. 1,5 con 20 gr. di Pentrite esplode con discreto effetto frantumante. In tubo di cartone o di ferro, col metodo Dautriche si può misurare anche la velocità che, a seconda della densità, va dai 5750 ai 6400 m/s.

Anche la trinitronaftalina entra in alcuni esplosivi di sicurezza come per es. **in quello di Favier** composto di 58% di nitrato sodico, 15% di nitrato ammonico e 27% di trinitronaftalina.

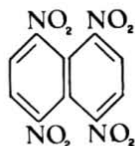
Proprietà fisico-chimiche - E' formata da cristalli di color giallo più scuro del precedente. Anche questa è insolubile in acqua, poco solubile in alcool, solubile invece in ac. acetico glaciale e cloroformio. Il suo punto di fusione oscilla tra 125° e 160°.

Entrava come adiuvante nella composizione della **Sabulite** e **Virite**, esplosivo composto di nitrato ammonico 78%, tritolo e trinitronaftalina 8% e siliciuro di calcio 14%.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Bilancio O_2	100,3%
Calore formazione Kcal/Kg.	÷ 26
Punto fusione	÷ 115°
Densità massima	1,40
Cavità Trauzl cc.	175
Velocità detonazione m/s	6000
Berta da Kg. 2, cm.	> 100
Sensibilità al calore	350°

TETRANITRONAFTALINA (p.m. 308,064)

Trattando la β trinitronaftalina con ac. nitrico si ha la tetranitronaftalina:

esplosivo ormai non più usato per la sua difficoltà di fabbricazione (fig. 92).

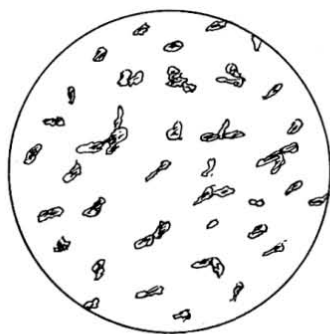



FIG. 92

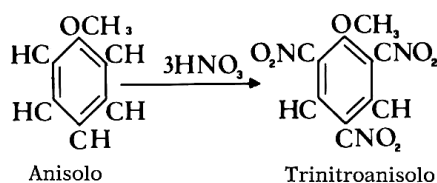
Tetranitronaftalina cristallizzata dall'anidride acetica.

CAPITOLO NONO

NITRODERIVATI DELL'ANISOLO

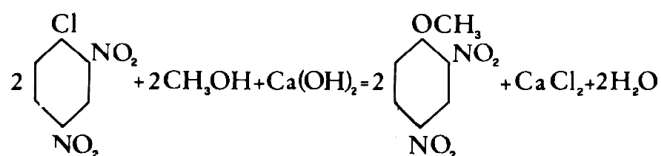
In generale i nitroderivati dell'anisolo si ottengono per azione diretta dell'acido nitrico nel seguente modo:

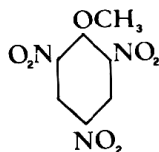
$$C_6H_5OCH_3 \xrightarrow{3HNO_3} C_6H_2(NO_2)_3OCH_3$$

Anisolo — Trinitroanisolo

TRINITROANISOLO (p.m. 243,06)

Fabbricazione - Si può preparare per azione diretta dell'anisolo, ma questo sistema non è usato anche per lo scarso rendimento.

Attualmente invece si parte dal monoclorobenzolo, nitrandolo a binitrobenzolo, il quale, con alcool, metilico, si trasforma in *binitroanisolo*:

$$2\,C_6H_3Cl(NO_2)_2 + 2CH_3OH + Ca(OH)_2 = 2\,C_6H_3(OCH_3)(NO_2)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$$

Il binitroanisolo ulteriormente nitrato con miscela solfonitrica dà il *trinitroanisolo*:

$$C_6H_2(OCH_3)(NO_2)_3$$

Tale operazione si fa avvenire dentro una caldaia di ghisa, munita di doppio fondo per il riscaldamento indiretto, di un agitatore colle-

gato con un refrigerante. In esso si immettono 80 Kg. di clorobinitrobenzolo, 128 di alcool metilico e 27 di calce viva. Dopo un riscaldamento di 4 ore, l'alcool metilico distilla, ma ricade in caldaia a mezzo di un refrigerante a ricadere. Verso la fine della reazione si aggiunge a poco a poco ac. cloridrico fino a reazione leggermente acida. Quando non distilla più alcool si raffredda e si raccoglie il *binitroanisolo* separatosi.

Il binitroanisolo si trasforma in *trinitroanisolo* mediante appositi nitratori con miscela solfonitrica a 80°. Si trattano precisamente 100 Kg. di prodotto secco con un miscuglio nitrico-solforico ottenuto da 42 Kg. di ac. nitrico a 48° Bé e 160 Kg. di ac. solforico a 66° Bé. Il rendimento è di circa il 90% del teorico.

In Italia fin'ora tale esplosivo industrialmente non è stato preparato risultando troppo costoso. Nella guerra 1915-1918 fu usato dai tedeschi nelle bombe di aviazione mescolato al solfuro di picrile.

Proprietà chimico-fisiche - E' un prodotto cristallino di color giallo (fig. 93), abbastanza solubile in acqua, facilmente solubile in alcool ed etere. Fonde a 65°. Ha una velocità di detonazione di circa 7500

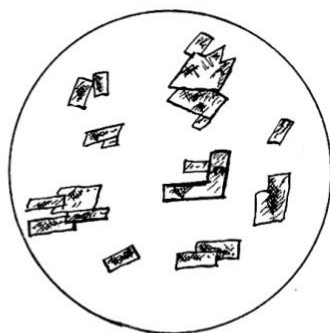



FIG. 93

2-4-6 Trinitroanisolo cristallizzato dall'alcool etilico.

m/s e quindi simile a quella del tritolo e dell'ac. picrico. La sua densità è di 1,4. Viene trasformato facilmente in ac. picrico sia dall'acqua a caldo che dalle soluzioni alcaline a freddo. E' poco sensibile agli urti e senza azione sui metalli.

Oltre che in Germania tale esplosivo fu preparato in Francia.

Ho potuto constatare che, mescolato al tritolo, abbassa il punto di fusione. Infatti con 75 parti di tritolo e 25 di trinitroanisolo ho avuto un punto di fusione di 68°, 50 parti di tritolo e 50 di trinitroanisolo mi hanno dato un punto di fusione di 50°, 38 parti di TNT e 62 di trinitroanisolo un p.f. di 41°; 25 di TNT, 75 di trinitroanisolo un p.f. di 46°.

Ho avuto pure occasione di studiare un esplosivo da mina a freddo per riutilizzare del trinitroanisolo, ed ecco un esempio:

Nitrato ammonico	80%
Trinitroanisolo	20
Trauzl cc.	420
Distanza di colpo	cm. 2

La prova è stata fatta con detonatore n. 8.

Uno degli inconvenienti di tale esplosivo è quello di sporcare di giallo e di essere non poco nocivo alla salute.

Mescolato al tritolo rinforza le proprietà della dirompenza.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Bilancio ossigeno	— 62,5
Calore formazione Kcal/Kg.	146
P. fusione	68°
Densità massima	1,40
Trauzl cc.	324
Velocità detonazione m/s	7600

RICONOSCIMENTO DEI NITRODERIVATI AROMATICI

Ritengo abbastanza interessante riportare alcuni saggi di riconoscimento per distinguere, dal colore, i nitroderivati degli idrocarburi aromatici forniti dal trattamento con idrato potassico e con ammoniaca. Facendo sciogliere in acetone il nitroderivato in esame e aggiungendo una soluzione al 10% di idrato potassico si avranno le seguenti colorazioni:

Tritolo	*rosso bordeaux*
Trinitrobenzolo	*rosso*
Dinitrobenzolo tecnico	*bleu scuro*
Dinitronaftalina	*giallo rossastro*
Trinitronaftalina	*rosso intenso*
Trinitroxilolo	*prima nero e poi viola scuro*
2-4 dinitrotoluolo	*bleu intenso*

L'acido picrico si distingue per il sapore amaro e per la solubilità in acqua facendola diventare gialla; ad ogni modo esistono delle reazioni cromatiche tra cui una chiamata dell'*acido isopurpurico,* basata sul fatto che, riscaldandolo a 60-70° dà una colorazione rosso sangue; la stessa colorazione si ha trattando l'acido picrico con solfuro ammonico e idrato sodico.

Il trinitro-meta-cresolo dà le stesse reazioni dell'acido picrico, ma più lentamente.

TABELLA 44

ALCUNE CARATTERISTICHE FISICHE
DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI SECONDARI
IN RAPPORTO ALLA DENSITA'

(da Les substances explosives et leurs nuisances)

Esplosivo	Densità di incartuc-ciamento	Velocità detona-zione m/s	Calore di esplo-sione (Kcal/Kg)	Volume specifico dei prodotti di deto-nazione (l/Kg)	Coeffi-ciente di utilizza-zione pratica	Potenza al mortaio balistico
Melinite	1,0 1,3 1,63	4700 6300 7300	1000	675	100	106
Tritolo	1,1 1,3 1,6	3800 4470 6800	925	730	94	100
Tetrile	1,0 1,3 1,71	5400 6050 7850	1120	760	114	126
T_4	1,1 1,3 1,71	6640 7030 8520	1300	908	135	150
Octogene	1,35 1,84	7100 9100	1356		127	150
Pentrite	1,1 1,4 1,74	5500 6700 8300	1385	790	146	146
Nitroglicerina	1,6	7700	1486	715	150	140
Nitrocellulose a 12,5% di N a 13,5% di N	 0,3 1,2	 2630 7300	 850 970	 920 880	 106	 125
Nitroguanidina	0,45 1,55 1,7	2800 7650 8170	721	1077	96	104

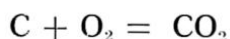
CAPITOLO DECIMO

ESPLOSIVI ALL'ARIA LIQUIDA

Dato lo scarso uso attuale di tali esplosivi, ritengo opportuno farne soltanto un breve cenno.

Essi consistono in cartucce costituite o da sacchetti di tela o da tubi di cartone riempiti o di carbone o di segatura o di farina fossile impregnate di petrolio, paraffina, vaselina, polvere d'alluminio, torba, ecc., cioè sostanze combustibili capaci di assorbire una quantità di ossigeno liquido pari a 5-6 volte il proprio peso, le quali, al momento dell'uso, vengono impregnate col comburente, cioè coll'aria liquida, la quale è generalmente prodotta mediante il famoso metodo di Linde basato sul raffreddamento per espansione. Essa si ottiene generalmente torbida per anidride carbonica solida o per particelle di ghiaccio: filtrata diventa un liquido mobile, di tinta azzurrina, trasparente, di peso specifico 1,13, che bolle a $-190°$. L'aria liquida contiene grandi quantità di ossigeno che va dal 50% circa appena fabbricata e che con l'evaporazione può raggiungere l'85-90%.

L'esplosione è data dall'istantanea combustione delle sostanze combustibili prodotta dall'ossigeno dell'aria liquida. Nei prodotti gassosi predomina l'anidride carbonica e in genere non si hanno gas nocivi, è quindi ottima per venir usata in galleria. La massima potenza si ha quando può avvenire la reazione:

$$C + O_2 = CO_2$$

Data la sua bassissima temperatura, l'aria liquida è molto difficile a conservarsi e quindi anche a trasportarsi, poichè richiede speciali recipienti basati sul principio dei vasi di Dewar.

Il modo di usare tali cartucce è il seguente:

Le cartucce precedentemente preparate, si immergono poco prima di essere usate, nell'aria liquida fino a completa imbibizione. Si estraggono dall'aria liquida al momento dell'uso poichè la loro così detta « vita attiva » è limitata a pochi minuti (per quelle di 30 mm.

di diametro a 10', passati i quali la cartuccia può anche non esplodere o produrre effetti irrisori). La durata di una carica può raggiungere, nelle migliori condizioni, i 30'. Il tempo quindi a disposizione per caricare, intasare e far brillare la mina è limitatissimo. *Per l'innesco è sufficiente la sola miccia.*

I due esplosivi in passato più adoperati, furono:

L'Oxiliquite formata da tre parti di carbone e due di petrolio.

L'Oxilite formata da farina fossile anche questa impregnata di petrolio e ambedue studiate da Linde.

In Italia tali esplosivi furono adoperati in alta montagna, per centrali idroelettriche, per il traforo del Sempione e dal Genio Militare.

Negli Stati Uniti, durante la guerra, furono adoperati a scopo civile notevoli quantità di tali esplosivi distinti con la sigla **L.O.X.** Essi producono effetti dirompenti analoghi a quelli delle gelatine esplosive, il loro calore di esplosione è di 1500-2000 Kcal-Kg., il loro volume specifico di 600-750 lt, e la velocità di esplosione dai 4000 ai 5500 m/s.

Perchè tali esplosivi siano impiegabili economicamente, è necessario che il loro consumo sia elevato e continuo, e prossimo agli impianti di produzione dell'Ossigeno liquido.

CAPITOLO UNDICESIMO

ESPLOSIVI DA MINA A BASE DI SALI INORGANICI

Ho creduto opportuno, prima di elencare alcuni dei tanti esplosivi a base di sali inorganici, far precedere ogni paragrafo da un breve cenno riguardante la natura chimica del sale o del composto che entra nell'esplosivo e la sua analisi chimica, aggiungendo pur conscio di essere tacciato di pedanteria, le opportune osservazioni da me fatte durante le prove condotte specialmente sul nitrato ammonico.

NITRATO AMMONICO (p.m. 80,048)

Il nitrato ammonico (NH_4NO_3) è, tra i nitrati inorganici, **il più importante per la tecnica degli esplosivi.** Tale importanza è accresciuta dal fatto che può essere preparato sinteticamente dall'azoto e dall'idrogeno (ammoniaca) da una parte, e dall'azoto, idrogeno e ossigeno dall'altra.

Il processo di sintesi per l'ammoniaca si basa sulla reazione di equiibrio

$$N_3 + 3\ H_2 \rightleftharpoons 2\ NH_3 + 22000\ \text{Kal}$$

da cui facendo agire l'ammoniaca sull'acido nitrico:

1) $$HNO_3 + NH_3 \longrightarrow NH_4NO_3 + 35600\ \text{Kal}$$

Il nitrato ammonico fu ottenuto anche con diverse reazioni di decomposizione come le seguenti:

2) $$(NH_4)_2\ SO_4 + 2\ NaNO_3 \rightleftharpoons 2\ NH_4\ NO_3 + Na_2SO_4$$

3) $$(NH_4)\ H\ CO_3 + NaNO_3 \rightleftharpoons NH_4\ NO_3 + NaH\ CO_3$$

Praticamente ha importanza soltanto la prima reazione che si può compiere in fase gassosa o in soluzione. Nella tecnica però la reazione si compie in presenza di acqua.

Quasi tutti gli impianti funzionano in base al principio di saturare l'acido nitrico con l'ammoniaca in caldaie ben raffreddate per impedire un eccessivo aumento della temperatura dovuto al calore di reazione.

Questo eccessivo aumento della temperatura provocherebbe la decomposizione dell'acido nitrico. Nella pratica si fa avvenire la reazione fra ac. nitrico

acquoso (50%) e ammoniaca alla temperatura di circa 50-60°, indi si avvia la soluzione di nitrato ammonico in un apparecchio evaporatore dove, per concentrare la soluzione di nitrato ammonico a 92-93%, si raggiunge la temperatura di circa 150°.

Diverse innovazioni sono state introdotte nell'industria del nitrato ammonico in seguito alla preparazione dell'ammoniaca per sintesi e dell'acido nitrico per ossidazione dell'ammoniaca.

S. Fauser ha trovato un procedimento che permette di concentrare la soluzione di nitrato ammonico a spese del calore di reazione. Tale procedimento è caratterizzato dal fatto che la reazione fra HNO_3 e NH_3 viene effettuata in un recipiente alla pressione di 4 atm., in modo da impedire la decomposizione dell'ac. nitrico, per quanto la temperatura raggiunta sia relativamente elevata.

La soluzione di nitrato ammonico viene poi scaricata, per mezzo di una valvola automatica, in recipiente esterno, dove la concentrazione avviene alla pressione atmosferica. Poichè attualmente si adopera l'ac. nitrico proveniente dall'ossidazione dell'ammoniaca, è necessario liberarlo dapprima dell'ipoazotite disciolta che può essere presente anche nella quantità di 10 gr. per litro.

L'ipoazotite reagisce con l'ammoniaca dando nitrato e nitrito secondo l'equazione:

$$N_2O_4 + 2\ NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4NO_3 + NH_4NO_2$$

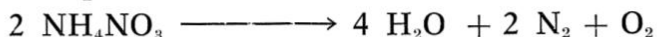
Col riscaldamento il nitrito ammonico si decompone liberando azoto:

$$NH_4NO_2 \longrightarrow 2H_2O + N_2$$

e poichè tale decomposizione, se si verifica in quantità apprezzabile di nitrato ammonico, può raggiungere una velocità detonante e innescare l'esplosione di tutta la massa del nitrato ammonico, è necessario eliminare ogni traccia di ossidi nitrosi, il che si può fare iniettando nell'acido dell'aria compressa.

Proprietà chimiche ed esplosive - Il nitrato ammonico è un energico ossidante, fonde a 169,6°, è cristallino e di color bianco, di sapore amaro e fresco, solubile in acqua con abbassamento di temperatura e deliquescente all'aria umida, solubile in alcool e in alcali. Scaldato bruscamente a temperatura elevata, esplode specialmente in presenza di sostanze organiche. *Il nitrato per esplosivi contiene il 33-35% di Azoto.*

Nella decomposizione dà luogo allo sviluppo di un grande volume di prodotti gassosi per cui fa aumentare il volume di esplosione:

$$2\ NH_4NO_3 \longrightarrow 4\ H_2O + 2\ N_2 + O_2$$

sviluppando 30700 calorie.

E' pochissimo sensibile agli urti e molto difficilmente infiammabile; tutte caratteristiche queste che ne rendono conveniente l'impiego quale comburente in numerose miscele esplosive abbastanza potenti, di trasporto e manipolazione molto sicura.

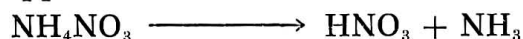
Presenta però il grave inconveniente di essere igroscopico, carattere che purtroppo permane in tutte le miscele da esso derivate. L'acqua non solo ne altera le qualità esplosive agendo da sostanza inerte per cui, all'atto dell'esplosione, sottrae calore ai prodotti gassosi, ma ne effettua anche la decomposizione con formazione di acido nitrico libero, la cui presenza è dannosa.

Le proprietà esplosive di questo composto sono note fin dalla prima

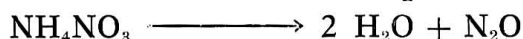
metà del sec. XIX. Uno studio serio su questo problema però fu fatto solo da Marcellino Bertholet nel 1877.

La decomposizione termica del NH_4NO_3 si può rappresentare nel modo seguente:

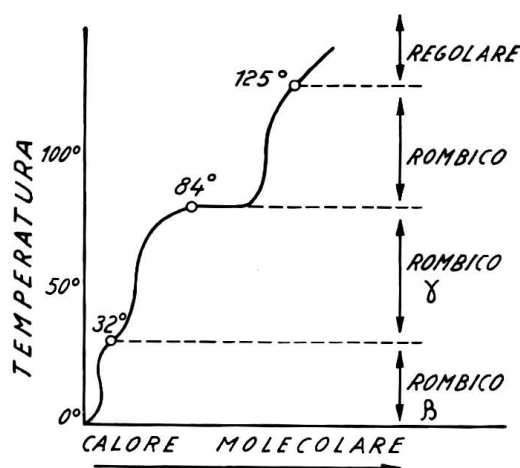
1) Il nitrato ammonico puro subisce dapprima una parziale decomposizione con sviluppo di ammoniaca e ac. nitrico

$$NH_4NO_3 \longrightarrow HNO_3 + NH_3$$

Questa reazione è endotermica, essa avviene con l'assorbimento di circa 37000 calorie.

2) Si forma protossido d'azoto secondo l'equazione già citata:

$$NH_4NO_3 \longrightarrow 2\ H_2O + N_2O$$

La reazione avviene riscaldando fra 210 e 250° il nitrato ammonico ben secco. E' esotermica perchè avviene con sviluppo di circa 14000 calorie. Come abbiamo detto, il nitrato ammonico per esplosivi col 33-35% di N deve essere privo di umidità e quindi, se umido, deve venire sottoposto, per essere adoperato, ad essiccamento; ciò ha luogo in apparecchi a conca forniti di agitatori, o in apparecchi a cilindri o in impastatrici tipo Werner (vedi fig. 94). Ora però, come vedremo più avanti, col nuovo tipo di nitrato rosso, questa operazione può essere eliminata in quanto il nitrato arriva quasi privo di umidità.

Gli apparecchi a conca, detti cristallizzatori, sono riscaldati a vapore (circa 3 1/2 Atm.), in cui il nitrato ammonico coi diversi salti di temperatura, subisce variazioni di cristallizzazioni importantissime e precisamente esso traversa quattro forme di cristallizzazioni diverse, variando ad ogni forma di cristallizzazione il calore molecolare come dal diagramma N. 8 qui sotto riprodotto.

DIAGRAMMA 8

Per l'operazione di asciugamento del nitrato ammonico nei cristallizzatori, si opera nel seguente modo:

Messo il nitrato ammonico nel cristallizzatore che generalmente ha la capacità di 5 Q. si aggiunge circa il 4% di acqua per favorire lo scioglimento del nitrato e si comincia a far girare le pale, le quali rimescolano il nitrato che si scioglie. Quando tutto il nitrato è sciolto, il che avviene a 120-130°, a poco a poco, mediante raffreddamento ad acqua, si diminuisce la temperatura facendo girare continuamente le pale. Quando il nitrato si è formato sotto forma di piccoli granelli, si scarica freddo dentro bidoni ermeticamente chiusi (a tale scopo servono bene i bidoni da latte in alluminio) per poi essere adoperato per esplosivi alla nitroglicerina o meglio per esplosivi tipo amatoli.

Se il nitrato serve per fabbricare esplosivi alla Nitroglicerina è bene aggiungere lo 0,5% di farina fossile, la quale ha la proprietà di assorbire la nitroglicerina e quindi di rendere meno pericoloso il lavoro di impasto. Per diminuire poi l'igroscopicità del nitrato, è bene aggiungere al nitrato liquefatto dentro al cristallizzatore, lo 0,5% di paraffina, la quale inguaina i granelli del sale rendendoli meno igroscopici.

Attualmente, per ragioni di economia, tutto questo lavoro non viene più fatto e si adopera il nitrato rosso come arriva dalle fabbriche.

Tornando a parlare del nostro nitrato bianco dei cristallizzatori, si è osservato un fatto abbastanza curioso e cioè che molte volte il nitrato, alla fine dell'operazione è bianco, altre volte color ruggine fino a diventare, qualche volta, color mattone. Ho cercato di spiegarmi questo fatto, tanto più che da prove eseguite, mi risultava che l'esplosivo fatto con nitrato ammonico color mattone, aveva una stabilità leggermente superiore a quello fabbricato col bianco.

In un primo tempo pensai che tale colorazione dipendesse dalla temperatura cui si portavano i cristallizzatori. Feci quindi alcune prove. Preso diverso nitrato dalla stessa partita, feci caricare dei cristallizzatori portandone alcuni a 130° ed altri a 90°. Alcuni risultarono di color bianco, altri ruggine senza distinzione. Tale colorazione poteva attribuirsi ad un po' di ruggine formatasi sul fondo dei cristallizzatori, ma anche questa ipotesi risultò errata, perchè alcune cariche fatte coi cristallizzatori leggermente arrugginiti, diedero nitrato bianco, altri coi cristallizzatori perfettamente puliti, color ruggine, pur contenendo ambedue tracce di ferro. Pensai allora ad eventuali nitriti contenuti nel nitrato, ma l'analisi col reattivo di Griess, diede risultato negativo.

Siccome viene aggiunto, come ho detto, oltre al 4% di acqua, anche lo 0,5% di paraffina e di farina fossile che può contenere tracce di ferro, supposi che tale colorazione potesse attribuirsi all'acqua o alla farina fossile. Feci fare allora qualche carica con acqua distillata, ma la colorazione rugginosa in alcune cariche comparve, in altre no; non solo, ma la colorazione compariva prima dell'aggiunta della paraffina e della farina fossile. Cariche senza paraffina e senza farina fossile risultarono bianche e rossicce senza distinzione. Fatte delle analisi in laboratorio, le due soluzioni filtrate non contenevano ferro. Invece i due residui dei quali quello col nitrato bianco assunse un colore grigio e quello rosso color ruggine, trattati con ac. cloridrico, diedero soluzioni che reagirono nettamente col solfocianato e col ferrocianuro.

Per maggior sicurezza feci l'analisi di tale nitrato ammonico in arrivo, il quale non solo risultò non contenere residuo insolubile, ma neppure le minime tracce di ferro. Fatta allora l'analisi del residuo fisso del campione cristallizzato in un crogiolo di quarzo a fiamma diretta e calcinato in muffola a 800° ebbi il seguente risultato:

Campione nitrato color ruggine . . . . . residuo 0,14%
Campione nitrato bianco . . . . residuo 0,13%

Ambedue i residui riconfermarono le prove del ferro sia col solfocianato che col ferrocianuro.

Il motivo della colorazione del nitrato color ruggine, sarebbe quindi, a mio avviso, da attribuirsi al fatto che qualche sacco di nitrato invece di avere reazione neutra o leggermente acida, l'abbia alcalina. In questo caso, quelle piccolissime tracce di ferro che si staccano dal cristallizzatore verrebbero precipitate, aiutate dall'acqua calda, sotto forma di idrato avente appunto colorazione ruggine. Tale idrato però, col riscaldamento, dovrebbe trasformarsi in ossido. Ma evidentemente la temperatura cui arriva il cristallizzatore non è sufficiente ad operare tale trasformazione, ed allora può darsi che il sale rimanga leggermente alcalino, poichè se il ferro rimanesse sotto forma di ossido, dovrebbe non alzare la stabilità degli esplosivi, ma abbassarla. Questa non completa trasformazione dell'idrossido in ossido, confermerebbe il fatto che il nitrato ammonico ruggine e l'esplosivo con esso fabbricato, ha una stabilità superiore al bianco.

Allo scopo di spiegare meglio questo fenomeno, sono stati fatti dei Ph col metodo colorimetrico che però non hanno dato risultati soddisfacenti. L'unica cosa che si è potuta capire da queste prove è che non sempre il nitrato ammonico è neutro, ma qualche volta è leggermente acido o alcalino.

Si può dire che attualmente tutti gli esplosivi da mina hanno come base principale il nitrato ammonico 33-35%N. Una cosa abbastanza interessante è questa: è bene non mescolare mai nitrato sodico e nitrato ammonico, poichè ne risente molto la stabilità degli esplosivi alla nitroglicerina e senza nitroglicerina con essi fabbricati.

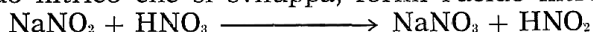
Invece del nitrato sodico sarebbe bene adoperare, se il prezzo lo permettesse, il nitrato di potassio.

Riporterò in proposito una serie di prove da me eseguite sulla stabilità di questi sali:

NH_4NO_3 come in arrivo	Abel a 80° =	40'
NH_4NO_3 cristallizzato con 0,5% di paraffina e 0,2% di farina fossile	Abel a 80° =	26'
$NaNO_3$ come in arrivo	Abel a 80° =	35'
$NaNO_3$ cristallizzato senza paraffina e senza farina fossile	Abel a 80° =	22'
KNO_3 in arrivo	Abel a 80° =	35'
$NH_4NO_3 + NaNO_3$ cristallizzati in parti uguali	Abel a 80° =	15'
$NH_4NO_3 + KNO_3$ cristallizzati in parti uguali	Abel a 80° =	> 40'
$NH_4NO_3 + NaNO_3$ come in arrivo in parti uguali . . .	Abel a 80° =	19'
$NH_4NO_3 + KNO_3$ come in arrivo in parti uguali . . .	Abel a 80° =	> 40'

Dove la cosa appare più lampante è nell'esplosivo GD IM. Infatti questo esplosivo fabbricato con nitrato ammonico e nitrato sodico con l'Abel a 80°, a 6' segna, mentre col nitrato di potassio segna a 18'-20'.

Può darsi che ciò sia dovuto al fatto che tra nitrato ammonico, nitrato sodico e acqua si formi una reazione che dia origine a nitrito di sodio, il quale, reagendo con l'acido nitrico che si sviluppa, formi l'acido nitroso:

$$NaNO_2 + HNO_3 \longrightarrow NaNO_3 + HNO_2$$

Questo fatto può essere anche causa dell'impurezza dei componenti per cui, ripeto che, ad ogni arrivo di nitrato, dovrebbe essere fatta l'analisi.

Il nitrato ammonico intacca purtroppo tutti i metalli all'infuori dell'acciaio inossidabile e dell'alluminio.

Il nitrato ammonico per esplosivi, in Italia da qualche tempo viene fabbricato dalla Montedison, di color rosso vino aggiungendovi, onde aumentarne la scorrevolezza, il Magenta acido, che, tra le altre cose, impedisce l'indurimento anche nei sacchi che sono di politene. Prossimamente verrà messo in commercio un nitrato in palline con antiag-

glomerante detto « Prilled » del quale si parlerà nel paragrafo degli esplosivi AN-FO avente sempre il 33-35% N.

Il nitrato bianco occorreva invece romperlo, macinarlo ed essiccarlo, cosa che occorrerà farla anche col « Prilled ».

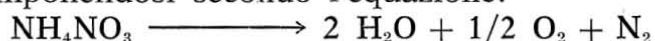
Al nitrato ammonico, onde diminuire l'igroscopicità, si può aggiungere dallo 0,5 all'1% di stearato di calcio o di bario, il che, da prove da me eseguite con esplosivi tipo amatolo, con almeno il 18-20% di tritolo, ha una piccola influenza negativa sulla distanza di colpo, mentre con gli esplosivi al 15% di tritolo, sempre senza nitroglicerina, la distanza di colpo può diminuire anche di un cm., pur rimanendo quasi intatte tutte le altre proprietà esplosive.

Il nitrato ammonico non è tossico, è pericoloso quando brucia mescolato a sostanze organiche in quanto è un potente ossidante e può così aumentare la propagazione e l'intensità della combustione di materiali infiammabili.

Occorre tener presente che gli stracci sporchi di nitrato ammonico ed unti, sono molto soggetti, specialmente d'estate, se esposti al sole o sotto l'influenza del calore, ad incendiarsi.

Il Giua afferma che il nitrato ammonico fuso, è sensibile come il tritolo cristallizzato.

Però la sua sensibilità all'urto e all'innesco è talmente bassa che non è considerato tra le sostanze esplosive. Si è poi constatato che in seguito ad innescamento molto energico, in uno spazio chiuso, può detonare decomponendosi secondo l'equazione:

$$NH_4NO_3 \longrightarrow 2\ H_2O + 1/2\ O_2 + N_2$$

A tale proposito ricorderò che il 21 settembre 1921 ad Oppau in Germania, si ebbe una delle più disastrose esplosioni che si ricordano nell'industria chimica. Nello stabilimento però si produceva un composto chiamato solfonitrato che era un miscuglio di *nitrato ammonico* e *solfato ammonico*. L'esplosione si spiegò nel modo seguente: pare che in enormi magazzini che contenevano tale composto, si fossero formati dei grossi blocchi durissimi che occorreva frantumare. Per frantumarli vi si praticavano dei fori da mina e quindi vi si facevano esplodere deboli cariche di esplosivo non supponendo che tale miscela potesse essere esplosiva. Invece ad un certo punto, tutto saltò in aria provocando morti e feriti, la distruzione dello stabilimento e molti danni alla città.

Fatte alcune prove, si accertò in seguito, che il solfonitrato, se innescato, può esplodere quando contiene più del 50% di nitrato ammonico (Tabella 77).

Il nitrato ammonico presenta valori molto bassi che qui riporterò:

Calore formazione Kcal/Kg.	1100
Peso specifico	1,72
Punto di fusione	169,6°
Forza in Kg/m.²	5000 lt/Atm/Kg.
Calore formazione Kcal/Kg.	1100
Trauzl cc.	165

Analisi chimica del nitrato ammonico.

Umidità - Gr. 10 si seccano in una stufa a 100° fino a peso costante. Generalmente non è superiore a 0,70-0,80%.

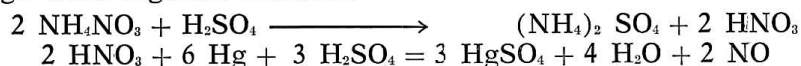
Cloruri - Gr. 10 si sciolgono in acqua, si acidificano con HNO_3 e si aggiunge qualche goccia di $AgNO_3$. Si tollerano tracce riconoscibili da una leggera opalescenza.

Acidità - Si sciolgono gr. 5 di NH_4NO_3 in acqua distillata e si titola con Na OH N/100; indicatore: il rosso di metile. L'acidità si esprimc in H_2SO_4 e non deve superare lo 0,10%.

Solfati - Si sciolgono gr. 10 in 50 cc. di acqua, si acidifica con HNO_3, si aggiunge qualche goccia di $BaCl_2$. Si tollerano tracce distinguibili attraverso una leggera opalescenza.

Sostanze insolubili - Si sciolgono gr. 10 di sostanza in acqua e, se rimane un residuo insolubile, si raccoglie in filtro tarato e si secca in stufa a 100°, non deve superare lo 0,10%.

Purezza - Si determina col nitrometro di Lunge misurando l'ossido d'azoto che si svolge dalle seguenti reazioni:

$$2\ NH_4NO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2\ SO_4 + 2\ HNO_3$$
$$2\ HNO_3 + 6\ Hg + 3\ H_2SO_4 = 3\ HgSO_4 + 4\ H_2O + 2\ NO$$

Si pesano gr. 0,33-0,40 di sostanza e, dopo averla versata nell'imbuto del nitrometro, si scioglie con un pochino di acqua calda agitando con un filo di platino. Dopo aver fatto cadere il liquido nel tubo di vetro si versa H_2SO_4 e si opera nel modo già descritto per gli acidi. Il titolo si aggira sul 99% (vedi (fig. 37).

Nitriti - Non sono tollerati in quantità dosabili. Ad ogni modo è sufficiente fare una soluzione acquosa di nitrato acidificando leggermente con acido solforico diluito. Aggiungendo solfato ferroso in soluzione concentrata, si ottiene subito, (a differenza dell'acido nitrico), una colorazione bruna dovuta alla formazione di composti labili del ferro con l'ossido di Azoto.

ESPLOSIVI POLVERULENTI A BASE DI NITRATO AMMONICO

Gli esplosivi polverulenti a base di nitrato ammonico sono moltissimi. Dato il loro carattere fortemente igroscopico, le miscele al nitrato ammonico, anche se questo viene trattato come abbiamo descritto, debbono essere accuratamente protette dall'umidità sia con involucri di carta paraffinata o di politene, sia con il tenerli in luoghi asciutti o ventilati. Ora, come già detto, si usa aggiungere al nitrato l'1% di stearato di calcio che ha la proprietà di avvolgere i granelli e renderli meno igroscopici. Ad ogni modo è buona norma conservarlo in luoghi asciutti. A titolo di curiosità, l'autore del presente libro ha avuto occasione di adoperare dell'esplosivo polverulento da lui stesso fabbricato e tenuto in luoghi asciutti, in cartucce di carta paraffinata, anche dopo due anni senza che questo ne risentisse minimamente danno.

Gli esplosivi al nitrato ammonico hanno il vantaggio di soffrire

poco il calore per cui, con nitrato ammonico e tritolo 80/20, cioè *amatolo*, si fanno i così detti esplosivi « ad alta temperatura » adoperati o in miniere molto calde o per speciali usi.

Occorre tener presente che tali esplosivi vanno tenuti lontano dai metalli che, come abbiamo detto, vengono da questi intaccati e in particolar modo dallo stagno che, se l'esplosivo è umido, può dar luogo ad un composto facilmente esplodente.

Quando gli esplosivi al nitrato ammonico sono leggermente umidi, si ripristina la loro potenza esplosiva, esponendoli all'aria asciutta o scaldandoli in impastatrici, poichè allora si disidratano. E' da osservare però che in recenti esperienze e con gli ultimi ritrovati sopra accennati, è stato constatato che il nitrato ammonico, cristallizzato a caldo e insaccato anche a caldo in sacchi di iuta rivestiti internamente di carta catramata o meglio in politene come si fa attualmente, si è conservato in ottime condizioni anche dopo un anno (umidità riscontrata 1%), per cui si può ritenere che possono conservarsi per un certo periodo di tempo anche miscele esplosive contenenti nitrato ammonico, se, come sopra detto, convenientemente confezionate, fabbricate e imballate.

All'infuori degli esplosivi antigrisoutosi, di cui parlerò più avanti, molti esplosivi a base di nitrato ammonico, contengono altri sali, quali nitrato di sodio, di potassio, perclorato, ecc. ed inoltre siliciuro di calcio, alluminio in polvere, ecc. In questi ultimi tempi però ve ne sono in commercio moltissimi formati esclusivamente di nitrato ammonico e tritolo.

Gli esplosivi formati da diversi nitrati, TNT, alluminio, siliciuro ecc. vanno sotto il nome di *Dinamon*, gli altri col solo nitrato ammonico e tritolo di *Amatoli* anche se le ditte fabbricanti hanno dato i più svariati nomi. Alle pagine e nelle tabelle successive, se ne troveranno citati alcuni.

Da prove che l'autore ha eseguito, ha potuto notare che le miscele in cui entra alluminio in polvere, è bene non lasciarle troppo invecchiare per impedire che l'alluminio stesso si ossidi con l'ossigeno atmosferico, il che, limitando la reazione con l'ossigeno generato dall'esplosione, non dà più il voluto aumento di temperatura e quindi la potenza diminuisce tanto maggiormente quanto più elevato è il grado di ossidazione precedentemente raggiunto. Inoltre è facile che, all'atto dell'esplosione, si senta il doppio colpo, il che significa che l'esplosione è avvenuta in due tempi con una resa naturalmente inferiore al normale.

Altro fatto che mi sembra abbastanza interessante è questa mia constatazione: che gli esplosivi a base di nitrato ammonico, e specialmente quelli molazzati, è bene incartucciarli al più presto perchè diversamente perdono sia in potenza che in sensibilità. La distanza di colpo

di un esplosivo da me fabbricato, dopo quattro giorni di stagionatura in cassette di legno coperte, diminuì di 2 cm. su 9 cm.

Ripeto ancora che, negli esplosivi al nitrato, non conviene aumentare troppo la densità di caricamento della cartuccia oltre 1,10 poichè con l'aumentare della densità oltre questo limite, diminuisce la sensibilità.

La tabella qui sotto rappresentata, mostra la relazione esistente tra la densità di questi esplosivi e la loro sensibilità alla distanza di colpo. Questa tabella si riferisce ad un Dinamon avente la seguente composizione:

NH_4NO_3	69%
$KClO_4$	8
TNT	20
Alluminio	3

Densità	Distanza di colpo	Numero delle cartucce da 25 mm. di diametro esplose, situate alla stessa distanza tra quella innescata e la seconda.
1,25	30 mm.	Su 6 cartucce 3 esplose
1,20	35 »	» » 4 »
1,15	40 »	» » 6 »
1,10	45 »	» » 6 »
0,98	35 »	» » 5 »
0,95	25 »	» » 3 »
0,90	20 »	» » 2 »

L'esplosivo è stato molazzato e i detonatori adoperati per le prove erano del N. 8.

Il nitrato ammonico si è adoperato anche per alcune dinamiti incongelabili dette *Ammoniti* e che erano composte di nitrato ammonico, binitrotoluolo, nitroglicerina, farina vegetale. Attualmente quasi tutti gli esplosivi, sia per lavori all'aperto che per lavori in galleria, sono composti di nitrato ammonico, tritolo o nitroglicerina in proporzioni diverse a seconda dell'uso cui debbono servire. C'è, per gli esplosivi polverulenti, chi mescola semplicemente nitrato macinato o come in arrivo, e tritolo macinato o polverizzato, c'è chi preferisce molazzare insieme i due componenti e infine c'è chi preferisce far fondere il tritolo nel nitrato ammonico in impastatrici tipo Werner (fig. 94) a 90-95°, raffreddando poi con acqua sempre rimescolando e ottenendo un amatolo di ottimo aspetto e di potenza considerevole e che si difende, causa la pellicola di TNT che si forma intorno ai granuli di nitrato, abbastanza bene dall'umidità. Con tale sistema però il TNT non deve superare il 20% in quanto diversamente la lavorazione verrebbe troppo lunga e l'esplosivo si presenterebbe male.

Facendo quest'ultima lavorazione, ritengo far presente che nel caso in cui, durante la fabbricazione dell'esplosivo a caldo, *venisse a mancare la corrente elettrica,* occorre o scaricare subito l'impastatrice o rimuovere l'esplosivo onde evitare il suo indurimento, poichè al ritorno

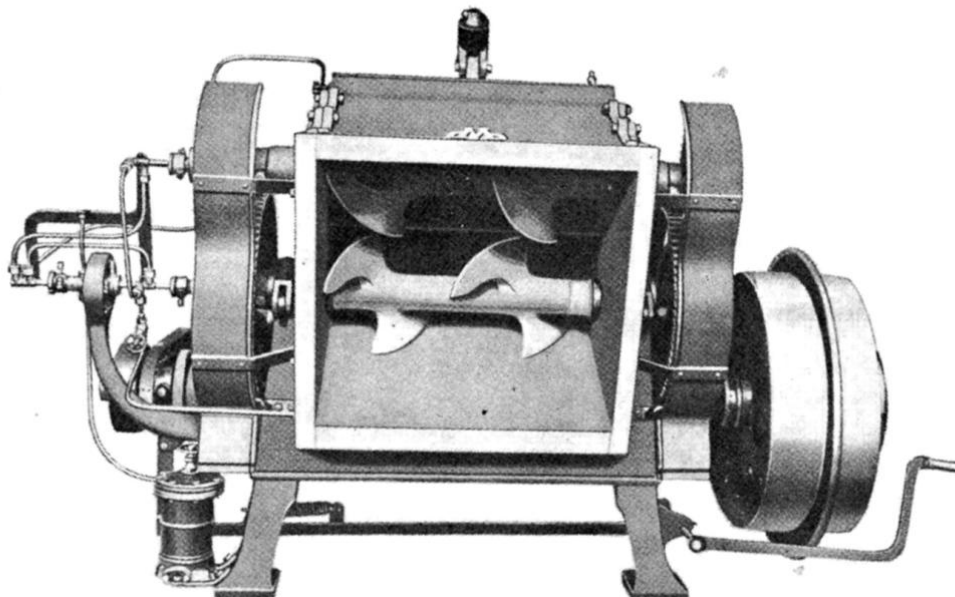



FIG. 94

della corrente e quindi del movimento delle eliche, queste potrebbero far attrito e far esplodere l'impastatrice o per lo meno potrebbero bruciarsi i motori o incendiarsi le cinghie di trasmissione.

Per tali esplosivi occorre un buon innescamento (tipo Det. N. 8) data la difficoltà della propagazione dell'esplosione. A questo proposito si cita l'esplosione avvenuta a Vilvord (Belgio) nel 1912, in cui 12 Tonn. di esplosivi tedeschi esplosero in deposito senza che gli esplosivi « Favier » contenuti in un deposito vicino esplodessero; le casse che le contenevano furono rotte e molte proiettate in tutte le direzioni.

Come regola generale, quando si adoperano tali esplosivi da mina, è bene avere le seguenti avvertenze:

a) i fori da mina devono essere accuratamente puliti e asciutti;

b) le cartucce che qualche volta induriscono, prima di essere introdotte nel foro da mina, è bene siano leggermente rammollite tra le mani; inoltre bisogna assicurarsi che tutte le cartucce introdotte nel foro da mina siano strettamente a contatto tra loro, a meno che non si faccia la carica non continua, nel qual caso occorre allora adoperare la miccia detonante che bisogna applicare, come vedremo più avanti, lungo tutto il foro della mina. Tale sistema ora è molto in uso (fig. 160 B).

c) che la cartuccia innesco, se la carica è continua, sia introdotta per ultima nel

foro da mina e che sia ben innescata e non troppo premuta col calcatoio onde eliminare il pericolo di rovinare la miccia o che la caduta delle cartucce dall'alto possa far esplodere il detonatore;

d) per ottenere il massimo rendimento è necessario che la carica sia accuratamente intasata prima con carta e poi con argilla;

e) in caso l'esplosivo debba essere adoperato in fori umidi, occorre prima soffiare con aria compressa nel foro. E' bene che le cartucce abbiano doppia paraffinatura e non rimangano a lungo nel foro o che l'esplosivo sia in tubi di politene.

f) che il detonatore sia perfettamente vuotato della segatura e, possibilmente, che il suo orifizio sia ermeticamente chiuso e, se adoperato in luogo umido, sia protetto o con nastro isolante o con grasso.

Gli esplosivi al nitrato ammonico polverulenti da mina e da guerra sono numerosissimi, per cui ricorderò i più importanti. Molti sono già stati menzionati nelle pagine precedenti:

Schneiderite: nitrato ammonico 87,4%, binitronaftalina 12,6% con un trauzl di cc. 350.

Amatolo: a base di nitrato ammonico e tritolo in miscele diverse: 80/20 usato dagli Inglesi e dagli Italiani, polverulento con Trauzl = 420 cc. e velocità di detonazione di circa 4000 m/s; 50/50 e 60/40 usato dai tedeschi fuso con Trauzl di 450 cc. e Velocità di detonazione di 4500 m/s. Faccio presente che l'amatolo fuso è bene farlo con nitrato ammonico cristallizzato poichè diversamente non si ottengono buone densità e quindi detonazioni regolari e il caricamento dei proiettili diventa difficoltoso. Tale amatolo, non va dimenticato, che viene adoperato esclusivamente per il caricamento di bombe o per esplosivi sismici.

Ammonal: usato in Austria e composto di nitrato ammonico, carbone, alluminio e tritolo.

Minol: simile al precedente e usato in Inghilterra a scopo bellico.

Imperialite: esplosivo italiano che costò la vita al proprio inventore Imperiali composto di 85% di nitrato ammonico e 15% alluminio in scaglie.

Sabulite: composta di nitrato ammonico, siliciuro di calcio, tritolo con trauzl di 255 cc.

Nitramite o **Avigliana 3:** nitrato ammonico 72%, alluminio 22%, paraffina 6%.

Echo: composto di nitrato ammonico, alluminio, grasso, paraffina, nitrocellulosa con Trauzl di 230 cc. oppure NH_4NO_3 25%, Ferrosilicio 16%, Alluminio 2%, Ipposino 7%.

Albite-Umbrite italiane già ricordate.

Bellite: nitrato ammonico 85%, metadinitrobenzene 15%.

Esplosivi Favier: contenenti nitrato ammonico, mononitronaftalina o binitronaftalina e, per gli esplosivi antigrisou, anche cloruro ammonico.

Dynamon: esplosivo austriaco composto di nitrato ammonico 80-90%, carbone o segatura 5%, nitrati diversi, perclorati, ecc. 2-10%, nitrotoluoli da 1 a 10%.

M.N.D.T. composto di nitrato ammonico 72,8, dinitronaftalina 10,5%, tritolo 16,7% chiamato in Italia **Siperite** e che fu adoperata per caricare granate e bombe a mano con un Trauzl di 270 cc.

Rosenthal: nitrato ammonico 80%, TNT 17%, Biossido di manganese 3%.

Romite: nitrato ammonico, clorato di potassio, naftalina e paraffina.

M.S.T. Tritolo 44%, nitrato ammonico 49%, dinitronaftalina 7% usato per caricare granate di medio e grosso calibro.

Nitramon: nitrato ammonico, dinitrotoluolo, ferro silicio e paraffina.

Esplosivo N: francese composto di nitrato ammonico dall'80 al 90% e dinitronaftalina o trinitronaftalina.

Virite: nitrato ammonico, nitrato potassico, ossalato ammonico, carbone di legna, solfo.

Securite: nitrato ammonico e metadinitrobenzene.

Ammonite: nitrato ammonico 88%, dinitronaftalina 12%.

Solfite: nitrato ammonico e solfo.

Aldorfite: nitrato ammonico 81%, TNT 17%, farina di legno 2%.

Monachite: nitrato ammonico 81%, nitrato di potassio 5%, farina legno 1%, trinitroxilene 13%.

Westphalite: nitrato ammonico, nitrato di potassio e resina.

Oltre a questi ve ne sono moltissimi altri che, come questi, sono ormai quasi abbandonati e che non è neppure il caso di nominare anche per il prezzo troppo elevato che avrebbero oggi.

In Italia, appena dopo l'ultima guerra, se ne sono fabbricati, e se ne adoperano moltissimi con ottimi risultati. Essi presso a poco si equivalgono, a seconda dello scopo al quale devono servire e cioè se per galleria o per cava, per roccia dura o per roccia tenera, ecc.; e sono tutti polverulenti.

Mi limiterò a citare il nome di alcuni esplosivi presi così a caso, alcuni dei quali in commercio ed altri non più:

Antonite, VE_4, Dinamon, Vulcan 3, Martia, Titan, Astralite, Monferrite, Romite, Nitramon, Superdinamon, Super BM Galleria e Cava, Friulite, BMA_2, Cava 1 e Cava Extra 2, BM_2, Ares, Ammondite che all'estero prendono il nome di: *Donarit* e *Ammonit* in Germania; *Ammonal, Rockite* in Inghilterra; *Explosif nitrate n. 0 e N. 30, Explos. Favier* in Francia; *Aldorfit, Gamsit, Telsit* in Svizzera; *Pelonit e Donarit* in Austria; *Nobit* in Svezia.

E' stato notato che, pur avendo gli esplosivi al nitrato ammonico bassa velocità di detonazione in contrapposto ad un notevole volume di gas sviluppato il che prevederebbe un esiguo effetto frantumante e un buon effetto di spinta e di gettata, in cava invece essi hanno ottimo effetto frantumante dovuto forse al gran volume dei loro prodotti di esplosione.

La loro velocità varia da 2000 a 4000 m/s in rapporto naturalmente alla qualità e quantità di esplosivo che contengono.

ESPLOSIVI A BASE DI NITRATO AMMONICO E NAFTA

In alcuni stati specialmente dell'America Settentrionale fin dal 1956-57 trovò largo impiego nelle cave, una miscela di nitrato ammonico ed olio combustibile innescata però con esplosivi piuttosto potenti. Tale esplosivo venne denominato *AN-FO* o *NA-OC*. Il nitrato ammonico adoperato negli Stati Uniti d'America e in altri stati anche europei aveva un alto potere fertilizzante col 34,4%-34,9% di Azoto ottenuto per solidificazione, durante la caduta, in apposite torri. Esso si presentava in forma di piccoli sferoidi a superficie porosa con un diametro di 0,8-3 mm. e fu denominato « Prilled ».

Tale conformazione serviva a dare una notevole stabilità alla miscela in ogni punto della massa e una completa decomposizione con velocità di detonazione di oltre 2500 m/s, ed inoltre rendeva praticamente impossibile la formazione di grumi dovuti all'umidità.

Più tardi al nitrato che intanto veniva fabbricato a titolo sperimentale in diverse forme, si aggiunsero delle sostanze antiigroscopiche quali la farina fossile (Kieselgur) o argille colloidali in percentuali dallo 0,1 al 4%.

Nel 1967 in Canadà si fecero delle prove dalle quali risultò che il prodotto si presentava tanto migliore quanto più nel nitrato vi fossero particelle minori di 28 mesh. (Tabella 51).

Nelle miniere di Kiruna in Svezia attualmente si adopera nitrato ammonico cristallino il cui 70% delle particelle è compreso fra i 0,2 e i 0,4 mm. Le prove di velocità di detonazione eseguite sia in miscela con nitrato ammonico cristallino sia in palline, hanno dato i seguenti valori:

in foro da 51 mm. = 4200 m/s per il cristallino e 2900 m/s per l'agglomerato.

in foro da 32 mm. = 3500 m/s per il cristallino e 2100 m/s per l'agglomerato.

L'*AN-FO* è fabbricato in Francia col nome di *Nitrate-Fueil 94/6* e cioè Nitrato Ammonico = 94%, Olio combustibile con punto di accensione tra 70 e 90° C = 6%. Inoltre vi sono: *N n. 196*: Nitrato ammonico = 92,5%, Olio combustibile con punto di accensione oltre 70° C = 3,5%, Farina di legno 4% — D = 0,45; Velocità detonazione 3300 m/s. *N n. 19 c* = Nitrato ammonico 87,9%, Olio combustibile 2,5%, Farina di legno 4,1%, TNT 5,5%. In Spagna tale esplosivo prende il nome di « Nagolita ».

La formula classica dell'AN-FO è però la seguente:

Nitrato Ammonico « Prilled » con densità 0,70-0,75 . . . 94,4%
Olio combustibile 5,6%

Le prove da me eseguite mi hanno dato i seguenti risultati:

Trauzl . . . . 295 cc.
Distanza di colpo (cartuccia ∅ 50) . . . . 2 cm.

Velocità di detonazione con cartucce da 50 mm. ∅ . . ÷4000 m/s
Ossigeno 0,24%

Secondo i tecnici svedesi pare che la velocità di detonazione non abbia molta importanza agli effetti pratici di impiego dell'AN-FO. Infatti una velocità di detonazione superiore a 2000 m/s si accompagna con una decomposizione completa del nitrato ammonico e quindi con il massimo effetto dirompente delle mine. Una minore velocità di detonazione nel caso l'innesco dell'AN-FO non sia stato abbastanza energico, produce un'incompleta decomposizione del nitrato con effetto dirompente minore e fumi nocivi.

Quindi è evidente che un energico innescamento è assolutamente indispensabile. E' bene inoltre che i diametri delle cartucce non siano inferiori ai 50 mm.

L'innescante può essere esplosivo gelatinoso alla nitroglicerina (38 per cento) o tritolo compresso o amatolo 80/20, oppure cariche di 160 gr. di pentrite indipendentemente in limiti molto larghi dalla profondità dei fori. **La cartuccia innescante in questo caso va sempre messa per prima cominciando dal fondo insieme alla miccia detonante che deve percorrere tutto il foro per la sua lunghezza.**

Prove fatte nel 1964 da Mr. Fossé, capo dei lavori al Centro di ricerche per l'Industria dei prodotti esplosivi belga, hanno dimostrato che innescando l'AN-FO del diametro di 30 mm., la velocità passa da 2000 m/s, lungo l'asse presso la linea d'innescamento, a 1000 m/s alla periferia della carica provocando una decomposizione parziale del nitrato. Egli attribuisce tale fenomeno alla velocità troppo alta della miccia (7000 m/s) per cui si ha una decomposizione incompleta dell'esplosivo in quanto l'onda di detonazione generata nell'esplosivo si sviluppa con una velocità indipendente da quella della miccia detonante.

Nelle miniere di potassa americane viene impiegata una miscela ternaria composta del 93% di nitrato, 4% di olio combustibile, 3% di coke in polvere. In alcune cave, per il caricamento di mine a cariche alternate o cariche zebrate si adottano micce detonanti lungo le quali vengono predisposte ad altezze volute, cilindretti di Pentrite del peso di circa 160 gr., forate lungo l'asse (fig. 160 B).

Come è facile comprendere, tali esplosivi al nitrato-nafta sono senz'altro interessanti, come sono interessanti gli « slurry » che subito vedremo, ma naturalmente devono essere fabbricati e usati da persone competenti provvisti di mezzi idonei. Inoltre è bene tener conto che essi appartengono agli esplosivi di pronto impiego, che non tutti i terreni sono adatti al loro uso e abbisognano di un ottimo innesco.

ESPLOSIVI SLURRY

Nei luoghi molto umidi o addirittura con acqua, dato che gli esplosivi tipo AN-FO, per la loro igroscopicità non sempre corrispondono allo scopo, in America si è pensato di ricorrere ai così detti « *slurry* » o « *fanghi* » come vengono chiamati nei paesi anglo-sassoni o « *Boullies* » come vengono denominati in Francia, o « *Hidrogel* » e « *Hidralex* » in Spagna o « *Watergel* » o « *Blasting agents* » in altre nazioni. In Italia ancora non sono nè fabbricati nè usati; si stanno però facendo degli studi onde saggiare le loro reali capacità in relazione alle nostre particolari condizioni di utilizzazione, per cui le loro composizioni, caratteristiche fisico-chimiche, i dati di impiego, ecc. non sono dettate da prove fatte in Italia, ma desunte dalla documentazione bibliografica, la maggior parte della quale è peraltro edita dagli stessi produttori americani, inglesi e francesi che li adoperano nei bacini minerari del Nord America, Africa ed Australia e in qualche paese europeo.

Tali esplosivi sono costituiti, di massima, da tre componenti: Comburenti, combustibili ed acqua nelle proporzioni di circa 4 : 1 : 1 oltre ad altre sostanze che servono a rendere l'esplosivo più efficace e sicuro.

Essi in principio hanno presentato due caratteristiche poco favorevoli e cioè basse densità di carica e gravi difficoltà di innesco e di reazione in presenza di acqua entro i fori da mina.

Dal 1956 però gli studi, onde sopperire alle difficoltà su accennate, sono stati intensificati specialmente dal prof. Melvin A. Cook dell'Università dell'Utah, il quale provò gli « slurry » con successo in Canadà.

La parte preponderante delle miscele esplosive (fra il 50 e il 75%) è costituita da ossidanti come nitrato ammonico e nitrato sodico.

Circa i combustibili di tipo esplosivo, il più largamente usato è il tritolo in proporzione fra il 20 e il 40%.

Per i combustibili non esplosivi, ma fortemente reattivi come certe polveri metalliche, il più usato è l'alluminio che ha un altissimo calore di reazione usato nelle proporzioni fra il 13 e il 16%. Data la sua tendenza a reagire con l'acqua si è pensato di aggiungere degli additivi inibitori.

Altri componenti vari ed eterogenei sono gli idrocarburi liquidi e solidi, lo zolfo, il carbone, la melassa, la polpa di legno, ecc.

Il terzo componente essenziale che è l'acqua è impiegata nelle proporzioni di circa il 15%. Essa oltre a sciogliere e disperdere i componenti solidi, limita la sensibilità della miscela.

Altri componenti importantissimi sono gli additivi composti da stabilizzatori, inibitori, catalizzatori aggiunti in piccole quantità.

Essi sono in genere gelificanti, con azioni « a tempo », derivati complessi della gomma « Guar » che si ottiene dallo spappolamento dei semi della Cynopsia Psoraloides ed inibitori o catalizzatori costituiti da sali

minerali spesso a legame incrociato. Essi mantengono la dispersione degli elementi non solubili della miscela, in quanto il gelificante impedisce alla miscela di perdere acqua e di assorbirne mantenendo quindi l'esplosivo nella migliore condizione. Gli « slurry » possono conservarsi anche per settimane a temperature prossime ai — 50° e in grado di esplodere anche a — 15°.

Onde diminuire i costi si pensò, con esito a quanto pare discreto, a sostituire il Tritolo prima con alluminio e poi con carbone, zolfo, ecc.

Ecco alcune miscele « slurry » prive di componenti esplosivi:

1) « Slurry » con alluminio:
   nitrato ammonico, alluminio, acqua
   nitrato ammonico-nitrato sodico, alluminio, acqua
   nitrato ammonico-nitrato sodico, alluminio, zucchero, acqua
   nitrato ammonico, urea, alluminio, acqua.
2) « Slurry » senza alluminio:
   nitrato ammonico-nitrato sodico, olio combustibile, acqua
   nitrato ammonico, Ac. nitrico, paraffina, acqua
   nitrato ammonico-nitrato sodico, polpa fibrosa, acqua
   nitrato ammonico, Ac. nitrico, dinitrotoluolo, acqua.

Il nitrato è consigliabile introdurlo sotto forma di noduli porosi, infatti le inclusioni d'aria si ritengono molto efficaci nella fase di innesco della detonazione.

La densità degli « slurry » è compresa tra 1,3 ed 1,5 che si può aumentare mediante apporto di sostanze ad elevato peso specifico o diminuire con apporto di aria. Ambedue questi sistemi non sono però facili da eseguirsi.

I risultati quindi non sempre rispondono a ciò che si vuol ottenere.

Circa le caratteristiche fisico-chimiche riportate nella tabella N. 44 A ritengo opportuno precisare che essi sono più che altro valori tecnici che non sempre si potranno controllare causa fattori diversi come il tipo del terreno, lo stato e la distribuzione dei componenti, la temperatura dell'esplosione nel foro, il tipo di innesco adoperato, ecc.

Per ciò che riguarda gli inneschi da usare occorre distinguere se gli « slurry » sono a facile o difficile innesco.

A facile innesco sono gli esplosivi che contengono già un esplosivo come la nitroglicerina, la pentrite, il T_4, ecc.; per quelli **a innesco difficile,** e sono la maggior parte, occorre invece un innesco con una carica ausiliaria detta «booster » composta da compresse di tritolo o T_4 o Pentrite che generalmente sono fabbricate e confezionate dalle stesse ditte che forniscono gli « slurry » e che pesano ognuna dai 150 ai 2260 gr. con una velocità di circa 7000 m/s.

L'innesco viene usato generalmente sul fondo del foro, la miccia detonante viene congiunta all'innesco e molte volte nella stessa si includono cariche ausiliarie. Circa il rapporto tra i pesi delle cariche e dello « slurry » esso pare sia di circa 1 : 200.

TABELLA 44 A

CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DI ALCUNI « SLURRY »

Composizione %	DBA-35	DBA-40	DBA-44	DBA-48	TOVEX 20	NBL 316	N. 3	TOVEX 40	TOVEX A_1	TOVAN 30	AN-FO	SPECIAL GEL 60%
Nitrato ammonico	38	38	35	52	49	64	49	27	37	48	94	44
Nitrato sodico	29	28	28	12	12	13	12	15	10	15	—	29
Acqua	17	15	16	14	15	15	15	15	15	17	—	—
Alluminio	5	10	14	18	—	—	—	—	15	15	—	—
TNT	—	—	—	—	20	—	24	40	20	—	—	—
Altri	11 (comb.)	9 (comb.)	7 (comb.)	4 (comb.)	4	8 (farina) 5	20 (alchi-lamina	3	3	5	6 (Olio comb.)	27 (26 il Ngl.)
Peso spec. (g/cm³)	1,30	1,30	1,35	1,40	1,40	1,20	1,35	1,40	1,42	1,27	0,86	1,50
Velocità det. m/s	4500	4500	4500	4500	5000	4890	5600	5850	5500	5000	4400	6000
Energia totale (Kcal/Kg)	810	1075	1200	1350	758	575	680	780	1125	1215	880	920
Temp. di esplosione (OK)	2600	3150	3500	3800	—	—	—	—	—	—	—	—
Gas sviluppati (moli/Kg)	31	27	30	29	37	41	—	38	37	31	44	30
Bilancio di O_2 (% in peso)	0	0	—2	—2	0,6			—17	—16	3,3	—1	
Forza sismica relativa (TNT = 1,0)	0,26	1,10	1,18	1,30								
Pressione di det. (K bar)					104	75	100	113	117	75	48	120
Innesco	carica ausiliar.	carica ausiliar.	carica ausiliar.	det. n. 8	det. n. 8			det. n. 8	det. n. 8		carica ausiliar.	det. n. 8

Il caricamento dei fori si può fare o con « slurry » fornito entro appositi contenitori o versando lo « slurry » miscelato « in loco » e pompato direttamente nei fori da mina.

Sia per ciò che riguarda la convenienza economica che il costo degli « slurry » e il loro caricamento, occorrerebbe un lungo studio considerando anche le coltivazioni minerarie italiane non molto estese. Data la conformazione del nostro terreno, forse gli « slurry » si potrebbero impiegare nelle cave, ma non in molte in quanto esse sono generalmente situate lontano dalle fabbriche di esplosivi; inoltre le nostre leggi di pubblica sicurezza dovrebbero essere rivedute.

E' però opportuno considerare che, specialmente in alcuni paesi, gli « slurry » come del resto gli esplosivi nitrato-nafta, sono gli esplosivi del futuro, ma occorreranno ancora studi profondi e personale qualificato sia per la loro fabbricazione che per il loro impiego.

ESPLOSIVI ANTIGRISUTOSI

Gli esplosivi a base di nitrato ammonico sono caratterizzati dal fatto che hanno bassa temperatura di esplosione, il che li rende particolarmente adatti per lavori in miniere di carbone dove si deve temere la presenza del grisou e del polverino di carbone.

Sembra che i nitrati in genere abbiano una doppia funzione: posseggano una potenza esplosiva minore e nella decomposizione liberino una tenue polvere di ossidi minerali, formando così nella zona di esplosione, una specie di velo che può esercitare la stessa funzione della rete metallica sulla lampada Davy.

Il loro impiego in galleria è reso anche conveniente dalla nessuna produzione di gas tossici. Ed è infatti il loro componente principale, il nitrato ammonico, che sviluppa ossigeno.

La bassa temperatura di esplosione che è di circa 1100°, influisce però sulla forza che è abbastanza piccola.

E' facile comprendere come la fiamma sviluppata dagli esplosivi ordinari, sia un inconveniente e un gravissimo pericolo nelle miniere dove si svolgono con facilità gas di grisou e dove l'atmosfera è inquinata da polverino di carbone.

Il grisou che si può sviluppare nelle miniere, è formato normalmente da metano, composto gassoso a base di Idrogeno e Carbonio, incoloro, inodoro e insaporo ed avente la densità di 0,558. Un mezzo molto usato in miniera, oltre ai mezzi chimici e fisici, per riconoscere la presenza del grisou, è quello dei canarini i quali sono sensibilissimi a tale gas e, appena se ne sviluppa una piccola quantità, essi muoiono mettendo così sull'avviso i minatori. Il grisou brucia all'aria, quando è acceso con fiamma ben chiara: il miscuglio più favorevole all'aria e grisou all'esplosione è del 0,50% di aria corrispondente al rapporto teorico per una combustione completa.

Una caratteristica di tale miscuglio è quella del ritardo all'infiammazione; l'aria contenente per es. dal 6 al 10% di grisou s'infiamma a 650°, purchè la sorgente di calore resti in presenza del miscuglio combustibile per un certo tempo e cioè per circa 10"; tale ritardo diminuisce, dicono Mallard e Chatelier, con l'aumentare della temperatura cui viene portato il grisou, cosicchè l'esplosione si verifica dopo circa 1" a 1000° ed è praticamente istantanea a 2000°.

L'accensione del grisou, sempre secondo Mallard e Chatelier, dipende da due distinti fattori: la temperatura e la durata del riscaldamento.

In conclusione occorre, in modo assoluto, che gli esplosivi da adoperare nei mezzi grisoutosi, abbiano una bassa temperatura d'esplosione, in modo da non accendere il grisou: *la sicurezza non può mai essere assoluta, a causa della complessità del fenomeno, ma sarà tanto maggiore quanto più l'esplosivo sarà intasato.*

Un esplosivo che presenta un grado di sicurezza abbastanza elevato e che, almeno in Italia, ha dato e dà buoni risultati è la:

Grisutina normale composta del

10% Nitroglicerina
0,25% cotone collodio
89,75% nitrato ammonico

con un Trauzl di cc. 300-305, una densità di 1,1; una distanza di colpo di oltre 12 cm.; una velocità di detonazione di 2100 m/s, una temperatura di esplosione di 1469° e un bilancio di Ossigeno in peso di 16,56%.

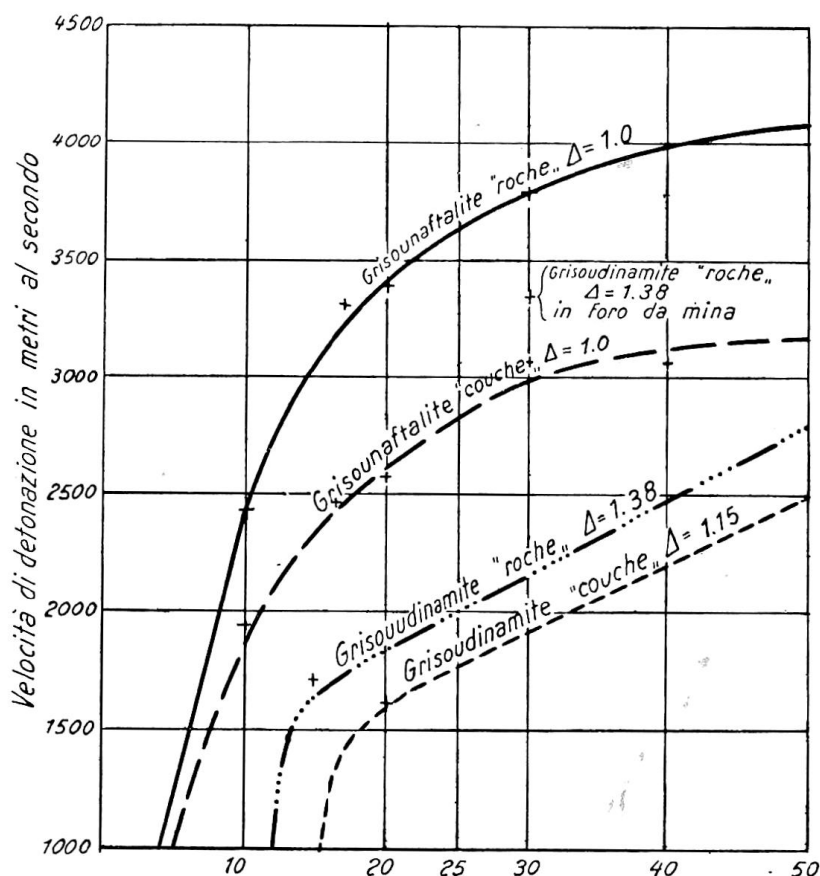
Come si vede, tale grisutina è superossidata, cioè nella sua molecola ha una quantità di Ossigeno maggiore di quella strettamente necessaria per trasformare, durante la reazione, tutto il carbonio e l'idrogeno presenti nella molecola, rispettivamente in anidride carbonica ed acqua: questa naturalmente allo stato di vapore. **La sua alta distanza di colpo è dovuta al fatto che la nitroglicerina, come in tutti gli esplosivi a basso tenore di nitroglicerina, non è completamente gelatinizzata, per cui tutti gli esplosivi a basso tenore di nitroglicerina vanno trattati con molta prudenza.** Il nitrato ammonico ha la proprietà di tenere in combinazione con l'esplosivo una certa quantità di acqua di cristallizzazione. Questa, mettendosi in libertà, assorbe una data quantità di calore che diminuisce la temperatura dei prodotti dell'esplosione, con soppressione appunto della fiamma, ma però diminuisce la forza dell'esplosivo. (Diagramma n. 9).

Oltre alla grisutina normale, si fabbricano in Italia altri tipi di grisutina, che si possono usare nello strato roccioso delle miniere di carbone e sono:

Grisutina all'11,76% di nitroglicerina
0,24% di cotone collodio
88,00% di nitrato ammonico

Grisutina al 13,2 % di nitroglicerina
0,52% di cotone collodio
86,55% di nitrato ammonico

DIAGRAMMA 9

VELOCITÀ DI DETONAZIONE DEGLI ESPLOSIVI DETTI "DI SICUREZZA" IN FUNZIONE DELLA DENSITÀ E DEL DIAMETRO DELLE CARTUCCE

In Germania, un esplosivo molto usato nelle miniere di carbone è:

Wetter Detonit A composta da: nitroglicerina 6%, nitroderivati aromatici 2%, nitrato ammonico 72%, farina legno 2%, cloruro di sodio o potassio 18%.

Altri esplosivi antigrisutosi usati nei diversi paesi sono:

Wetternobelit B: nitrato ammonico 26,5%, nitroglicerina gelatinizzata 30%, cloruro di sodio 40%, farina di legno 0.5%, soluzione al 50% di nitrato di calcio 3%.

Donarit A: 82% nitrato ammonico; 10.5% cloruro di potassio; 4% nitroglicerina; 2% farina di legno; 1% nitronaftalina; 0,5% di carbone quindi molto simile alla Wetter Detonit A, adoperata in Germania.

Grisounite con 95,5% di nitrato ammonico; 4,5% di trinitronaftalina.

Grisounite roccia con 91,5% di nitrato ammonico; 8,5% di trinitronaftalina.

Grisounite Gomma con 70% di nitrato ammonico; 29,5% di nitroglicerina; 0,5% di cotone collodio.

Antigrisou N. 0: Nitrato ammonico 80,57%; dinitronaftalina 6,36%; cloruro ammonico 13,02%.

Antigrisou N. 2: con 81,49% di nitrato ammonico; 11,11% di dinitronaftalina; 7,40% di cloruro ammonico e quindi un altro, composto di nitrato ammonico 89,3% e dinitronaftalina 10,7%.

Antigrisou N. 3: con 82% di nitrato ammonico; 5% di trinitronaftalina; 13% di cloruro ammonico.

Grisoudinamite: 88% di nitrato ammonico; 10% di nitroglicerina; 0,5% cotone collodio; 1,5% farina di legno.

Grisoutite: 44% di nitroglicerina; 12% di nitrocellulosa e 44% di solfato di magnesio.

Detonit B, Donarit B, Dahmenit A, Sonnit A composte da Nitrato ammonico 81%; nitrato di bario 8%; cloruro di potassio 4%; TNT 2%; nitroglicerina 4%; farina di legno 1%.

Aggiungerò a titolo informativo, che in Germania gli esplosivi antigrisutosi sono suddivisi in tre classi che vanno dai più potenti ai meno potenti e che vengono adoperati in gallerie con un contenuto di grisou dal 0,5 all'1% e con più o meno carbone tra gli strati rocciosi. Ed ecco i principali di tali esplosivi:

1ª Classe:

Wetter Nobelit, W. Westfalit, W. Wasagit tutti gelatinosi;

W. Detonit (polverulento).

2ª Classe

W. Wasagit B (M), W. Nobelit B (M) tipo avvolto in fluoruro di calcio o cloruro di sodio; **W. Roburit, W. Energit.**

3ª Classe

W. Carbonit, W. Securit (per abbattaggio); **W. Bikarbit; W. Astralit; W. Salit.**

In Inghilterra vengono adoperati i seguenti esplosivi antigrisutosi: **Polar Ajax, Driftex** gelatinosi; **Polar Viking, Minex** polverulenti; inoltre **Douglas Powder, Sathurst Powder, Denaby Powder N. 2** contenenti nitrato e tritolo.
Dal 1948 si adoperano gli **esplosivi EqS** di sicurezza pari a quelli avvolti in mantello refrigerante (fluoruro di calcio) e contenenti più del 30% di cloruro di sodio aventi diversi nomi:

Unigel, Pentregel, gelatinosi; **Unigex, Minespex** semigelatinoso; **Unifrax, Colespex** polverulenti, tutti con nitroglicerina; **Unirend, Trinitex** con tritolo e nitrato ammonico. In Francia vengono usati **N nº 7, N nº 66,** in Spagna l'**Exp. Seg. 2 bis,** 7-8-9-12, ecc a seconda del tipo di terreno.

ESPLOSIVI ANTIGRISUTOSI CON COPPIE DI SALI INVERSI A SCAMBIO DI IONI

Da un po' di tempo hanno preso piede gli esplosivi antigrisutosi con coppie di sali *« inversi »* a scambio di ioni. Sono esplosivi che invece di avere nitrato ammonico (ossidante) e cloruro sodico (refri-

gerante), contengono quantità equivalenti di cloruro ammonico e nitrato sodico, reagendo fra loro nel seguente modo:

$$NH_4Cl + NaNO_3 \longrightarrow NH_4NO_3 + NaCl$$

in una reazione quasi senza nè apporto nè asportazione di energia durante l'esplosione, ma in cui si forma cloruro sodico che si condensa in una polvere finissima e quindi di grande superficie, atta ad un intensissimo scambio termico con i gas di esplosione e quindi con fortissimo effetto refrigerante.

La sicurezza data dall'impiego di tali coppie di sali, dipende anche dal fatto che l'innesco della reazione e la parziale vaporizzazione di cloruro sodico, inizialmente richiedono notevoli quantità di calore impedendo quindi il raggiungimento di una temperatura iniziale troppo alta. La restituzione di detto calore causata dalla ricondensazione del cloruro di sodio non fa che rallentare il raffreddamento finale dei gas di esplosione.

USO DELL'ESPLOSIVO ANTIGRISUTOSO IN ITALIA

In Italia, a proposito dell'esposivo antigrisutoso in miniere di carbone o contenenti grisou, esiste un decreto che si può riassumere così:

1) La temperatura di esplosione non deve superare i 1500°.

2) La velocità di propagazione dell'esplosivo deve essere la massima compatibile con la decomposizione del nitrato d'ammonio che costituisce il principale componente.

3) La pressione specifica dipendente dall'ente di pressione non deve superare un determinato limite, praticamente misurata al blocco di piombo (cavità massima 300-320 cc.).

4) La fiamma di esplosione deve essere poco calda e di breve durata, ed a tale proposito esiste un apposito apparecchio che misura la lunghezza di fiamma e ne fa la fotografia (vedi fig. 96).

5) La velocità di detonazione deve essere la più elevata possibile compatibilmente alla presenza del nitrato ammonico.

6) La detonazione deve essere la più completa possibile.

7) L'esplosivo deve contenere almeno il 4% di nitroglicerina come è prescritto in Germania, e assenza assoluta di polveri metalliche.

Altra cosa importantissima è *la carica limite* che è prescritta ufficialmente in Germania, Belgio, Stati Uniti.

Per carica limite s'intende il peso massimo d'esplosivo determinato

sperimentalmente che può essere fatto esplodere in una miniera senza provocare alcuna accensione e reciprocamente il peso minimo degli esplosivi che, esplodendo, provoca l'accensione del grisou o del polverino di carbone.

Molte prove ho potuto eseguire al principio dell'ultima guerra, nell'unica e apposita galleria di ferro della lunghezza di m. 20 e del diametro di m. 1,60 composta da una lamiera avente uno spessore di 18 mm., esistente in Italia, insieme al Mettegang e all'apparecchio per la misura della lunghezza di fiamma nello stabilimento di Orbetello. Alla fine del capitolo ne farò la descrizione la quale può essere interessante.

Un esplosivo è considerato tanto più sicuro, quanto più la carica che si può raggiungere senza produrre l'esplosione, è elevata. In Italia, secondo il Decreto del Prefetto di Pola emanato nel 1924, i limiti di carica sono di 600 gr. per la Grisutina normale e di 500 gr. per il G.R.2B composto di nitroglicerina 10%; cotone collodio 0,2%; nitrato ammonico 81%; binitronaftalina 8% con un Trauzl di 400-410 cc. e che viene usata nello strato roccioso delle stesse miniere. Questo tipo di esplosivo può raggiungere la temperatura massima di 1900°. Le altre norme sono simili a quelle citate dal regolamento internazionale.

E' naturale che l'esplosione delle mine caricate con esplosivi di sicurezza dovrà essere provocata elettricamente, mediante appositi accenditori elettrici. **Inoltre è assolutamente vietato adoperare detonatori di alluminio, poichè questi aumenterebbero la temperatura di esplosione.**

Non bisogna però credere che un esplosivo avente una temperatura teorica bassa d'esplosione, garantisca un certo grado di sicurezza in presenza di grisou o di polveri infiammabili (carbone); numerose disgrazie purtroppo provano il contrario.

A detta di un illustre studioso in materia, l'Audibert, ingegnere capo delle miniere francesi, non esistono esplosivi di sicurezza, cioè esplosivi specificatamente non atti ad accendere il grisou o le polveri. Vi sono solamente, per ogni esplosivo, delle condizioni d'impiego più o meno dannose, e per determinate condizioni d'impiego, degli esplosivi più o meno pericolosi degli altri.

Da prove che ho fatto in laboratorio, piccoli quantitativi di grisutina normale, riscaldata, s'infiammano a temperatura prossima ai 300° senza esplodere. La esplosione della grisutina normale non deve impressionare la lastra fotografica per le ragioni su esposte.

La temperatura dei gas raggiunta durante l'esplosione della grisutina normale (1469° da me calcolata secondo Beyling, tabella Schmidt) è relativamente bassa rispetto a quella che si raggiunge in seguito all'esplosione di talune altre sostanze: 4200° per la Gomma A, 3100° per il GDI, 2300° per il GDIM. La velocità di detonazione si aggira per la grisutina normale sui 2000 m/s in confronto ai 7000 m/s della Gomma A, ed implica quindi una durata della reazione piccolissima. La velocità secondo la quale l'esplosivo detona, accoppiata alla temperatura raggiunta dai gas dell'esplosione, ha notevole influenza sulla possibilità di provocare o meno, l'infiammazione dei gas (grisou) e delle polveri (carbone) presenti nell'ambiente.

L'accensione del grisou avviene, sempre secondo i testi, alla temperatura di 650° C. Qualora però la sorgente di calore permanga a contatto del gas per 10 minuti secondi, il ritardo dell'infiammazione diminuisce man mano che aumenta la temperatura ed è di circa un secondo alla temperatura di 1000° C.

In considerazione di questo fatto quindi, la grisutina normale, accoppiando alla succitata bassa temperatura d'esplosione una discreta velocità di detonazione, è stata compresa nei così detti « esplosivi di sicurezza ».

Essa viene inoltre adoperata, molte volte inguainata da uno strato esterno di fluoruro e solfato di calcio o di bicarbonato di sodio, per le miniere di solfo e di carbone che sono molto infiammabili.

Dalla prova fotografica si può dedurre che, data la velocità con la quale ha luogo una reazione esplosiva (duri essa 1/2000 o 1/7000 di secondo) influisce sulla impressionabilità della lastra la temperatura della fiamma. Nel caso della grisutina normale, la minima impressione della lastra conferma la limitata temperatura della sua fiamma di esplosione.

Nel Belgio, sotto il nome di **esplosivi S.P.G.** (sécureté-grisou-poussière) sono adoperati diversi tipi di esplosivi di sicurezza denominati **Flammivore, Matagnite, Yonkite, Alkalite, Sabulite,** ecc. aventi una carica limitata di 900 gr.

Ecco alcune composizioni:

Esplosivo	Ntgl	BNT	Cotone collodio	NH_4NO_3	NaCl	Farina legno	$NaNO_3$	Nero fumo
Flammivore V	11	2	0,05	60	22	4,45	—	0,50
» strato	10	—	—	47	22	6	15	—
Matagnite R	10	—	—	54	21	10	5	—
Matagnite V	10	0,1	—	63	22	—	—	4,90

DESCRIZIONE DELLA GALLERIA DI PROVA DEGLI ESPLOSIVI ANTIGRISUTOSI

L'attrezzatura della galleria di Orbetello che non è quella in figura (fig. 95), pur essendo molto simile, si compone di:

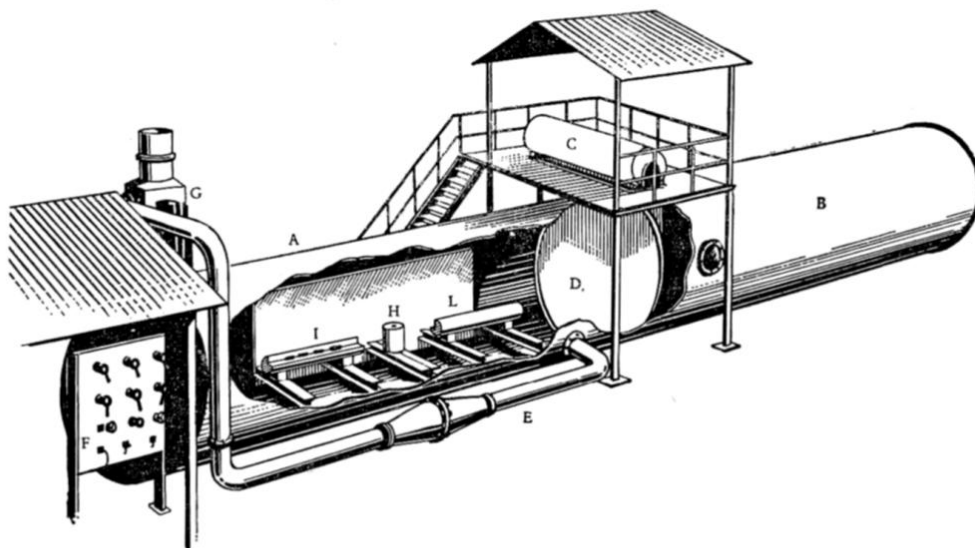



FIG. 95 - Galleria di prova per esplosivi antigrisutosi.

a) galleria di ferro
b) mortaio di sparo
c) agitatore
d) ventilatore
e) stufa
f) quadro elettrico
g) gasometro e tubazione metano.

a) **Galleria di ferro** - Come ho detto sopra, è lunga 20 m., diametro m. 1,60, spessore della lamiera 18 mm.; la galleria è delimitata, ad una estremità, da un forte blocco di muratura, l'altra estremità è aperta. E' appoggiata su dieci sistemi di ferro fissati in altrettanti blocchi in muratura. Essa è in grado di resistere bene alle forti sollecitazioni provocate dall'esplosione delle miscele gassose.

In alto vi sono 9 aperture di sfogo, munite di flange chiudibili all'occorenza con carta. Il lato rivolto alla sala di osservazione del campo prove, porta 7 spie di vetro infrangibile che permettono di verificare, dalla fiammata, l'accensione della miscela gassosa. Della galleria vengono utilizzati come camera di esplosione, 10 m^3 a partire dall'estremità chiusa, corrispondenti a 5 m. di lunghezza. A tale distanza è applicabile uno schermo di carta per la chiusura. In questo tratto vi sono tre spie, tre sfoghi verso l'alto, un'apertura a flangia per l'immissione della polvere di carbone sovrastante l'agitatore, un tubo per presa di campioni della miscela gassosa; vi fa capo anche la tubazione del metano. Incastrato nel blocco in muratura e prospiciente questa camera, è il mortaio di sparo; fissata internamente ad uno dei fianchi è la stufa, in alto l'agitatore. La camera può essere messa in comunicazione col ventilatore a mezzo di una valvola manovrabile dall'esterno e un condotto scavato nel blocco in muratura. In basso, vicino al mortaio, fa capo una presa di corrente da 130 volts, coi morsetti relativi per fissare i capi del detonatore elettrico.

b) **Mortaio di sparo** - Il mortaio di sparo è costituito da una camicia esterna di acciaio della lunghezza di mm. 850, diametro 530 mm.; anima interna di acciaio al nichel cromo, ugualmente lunga e del diametro di 200 mm. In questa è trapanato un foro di sparo profondo 550 mm.; è debolmente inclinato verso l'alto. L'anima interna è scorrevole nella camera esterna senza gioco ed è cambiabile ogni volta che il foro si deforma.

c) **Agitatore** - E' a robuste palette elicoidali fissato presso la camera di esplosione; esso è in corrispondenza del foro per l'immissione della polvere di carbone; serve ad uniformare le miscele esplosive di polvere di carbone con aria e del metano con aria. E' mosso da un motorino elettrico esterno da 500 volts.

d) **Ventilatore** - E' posto nelle vicinanze del blocco in muratura; è in comunicazione con la camera di esplosione per mezzo di una tubazione a due curve che sbocca in un condotto ricavato nel blocco in muratura. Vi è applicata una valvola manovrabile dall'esterno che ne permette la chiusura ermetica durante lo sparo. Serve per scacciare i prodotti di combustione subito dopo lo sparo; anche questo è mosso da un motorino di 500 volts.

e) **Stufa** - E' nell'interno della camera di esplosione sporgente per circa 30 cm. Serve per riscaldare le miscele gassose quando hanno una temperatura inferiore a 25°. E' alimentata da una presa di corrente di 220 volts.

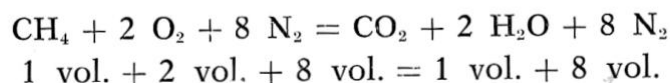
f) **Quadro elettrico** - Comprende due Voltmetri per 500 e 220 volts, muniti di due interruttori, due amperometri, interruttore generale da 500 volts; interruttore, trasformatore 500 e 220 volts, interruttore generale 220 volts, interruttore prese di corrente 220 volts, interruttore stufa, interruttore agitatore, interruttore ventilatore, interruttore generale luce (130 volts), pulsante di sparo. Sul quadro

è una spina di interruzione della linea di sparo (130 volts) che fa capo alla galleria; altra spina di sicurezza è fuori della galleria. In tal modo i due operai adibiti alle prove, possono evitare gli infortuni dovuti a malinteso, tenendo ciascuno una spina di sicurezza.

g) **Gasometro o tubazione metano** - Il gasometro ha una capacità di circa 5 m^3, è munito di un sistema di attacchi per l'immissione di metano dalle bombole e di una tubazione che porta il gas nella galleria; quest'ultima è munita di due rubinetti e di una presa di campione.

Analisi del gas - La miscela è composta teoricamente di un metro cubo di metano e 10 metri cubi di aria; ma in pratica, poichè la camera di esplosione è di soli 10 metri cubi, a mano a mano che viene immesso il metano, viene scacciata la prima aria, poi una miscela sempre più ricca di metano ad un massimo del 9% circa (l'agitatore è in moto durante l'immissione). Calcolando che su un metro cubo di miscela scacciata dalla camera non ermeticamente chiusa, circa il 4,5% è di metano, resteranno nella galleria 955 litri di metano con un tenore di circa il 90% di metano + etano, perciò in totale 860 litri su 9045 litri di aria, uguale a circa il 9,5%.

Teoricamente la miscela calcolata è data dall'equazione di combustione:

$$CH_4 + 2\ O_2 + 8\ N_2 = CO_2 + 2\ H_2O + 8\ N_2$$
$$1\ \text{vol.} + 2\ \text{vol.} + 8\ \text{vol.} = 1\ \text{vol.} + 8\ \text{vol.}$$

Cioè: un vol. di metano per 10 vol. di aria = 9,1%.

L'analisi viene così effettuata: 50 cc. di gas si misurano accuratamente in una buretta immersa in una camicia termostatica ad acqua; si portano a 100 con aria, in modo da aver eccesso di 0_2, si travasano in una pipetta di esplosione e, a pressione ridotta, si provoca la scintilla. I gas di combustione vengono raccolti e misurati nuovamente in buretta; questa si mette in comunicazione con un assorbitore tipo Kohler contenente potassa al 30% circa e si assorbe l'CO_2 presente.

DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIO PER LA MISURAZIONE DELLA LUNGHEZZA E DELLA DURATA DELLA FIAMMA DOVUTA ALL'ESPLOSIONE

La lunghezza e la durata della fiamma del colpo di un esplosivo rappresentano il criterio essenziale della sicurezza di esso nei riguardi del gas metano e della polvere di carbone.

La misura della lunghezza e della durata della fiamma si eseguisce di notte per via fotografica. L'apparecchio (fig. 96) è costituito da:

1) elettromotore con tachimetro;

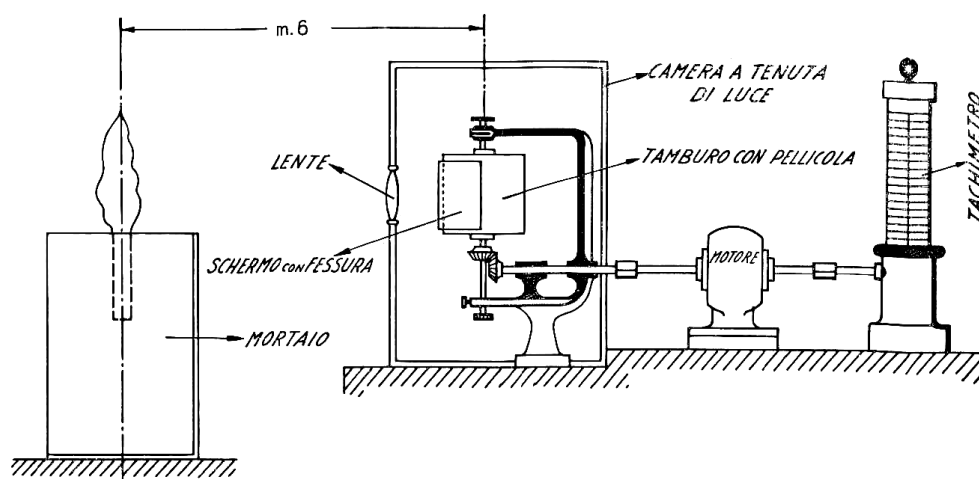



FIG. 96 - Apparecchio per la misura della lunghezza e della durata della fiamma.

2) apparecchio fotografico con tamburo da film rotante, trasmissione elettrica, parte ottica;

3) mortaio di sparo.

L'apparecchio fotografico si compone di una cassa di legno che nella parte anteriore reca, quale obiettivo, un sistema di lenti che consente il passaggio anche ai raggi ultravioletti cui corrisponde la parte più calda della fiamma.

Nella cassa si trova anche un cavalletto di supporto che porta il tamburo fotografico, sul quale ultimo viene disposto un film sensibile alla luce. Per disporre sul tamburo il film, questo viene introdotto con i due suoi estremi nella fenditura del tamburo ed in seguito vi si preme sopra una staffa di ottone.

Il tamburo viene posto in movimento mediante un elettromotore e deve avere una velocità periferica fino a 20 m. al secondo.

La velocità di rotazione del tamburo fotografico viene misurata mediante un tachimetro. Il dispositivo di accensione è disposto in modo tale da rendere possibile tre prese fotografiche sul film.

Il mortaio di sparo è un blocco di acciaio eretto con un foro per la carica esplosiva che sta circa 6 m. davanti all'apparecchio.

ESPLOSIVI PER PROSPEZIONI GEOSISMICHE

In questi ultimi tempi, dato il forte consumo di petrolio e suoi derivati, tutte le nazioni si sono date alla ricerca di tale idrocarburo e del metano, impiegando, dopo aver trivellato il terreno con apposite macchine a profondità che varia da 10 a 45 m., delle cariche esplosive chiamate « *cariche per prospezioni geosismiche* ». Generalmente tali

cariche sono costituite da grossi tubi di cartone impermeabile o di lamierino di diametro e di peso diverso, ripiene di esplosivo, che hanno alle due estremità dei cappellozzi o degli innesti, rispettivamente maschio e femmina, in modo che, volendo, si può costituire o avvitando o innestando in un tubo un altro elemento di tubo perfettamente uguale al primo, una catena molto lunga.

Fatta tale operazione, i tubi vengono innescati con speciali detonatori detti « Sismici » in Italia, « Vibrocaps » negli Stati Uniti, « Alluminion » in Inghilterra, in un porta detonatore che può essere centrale

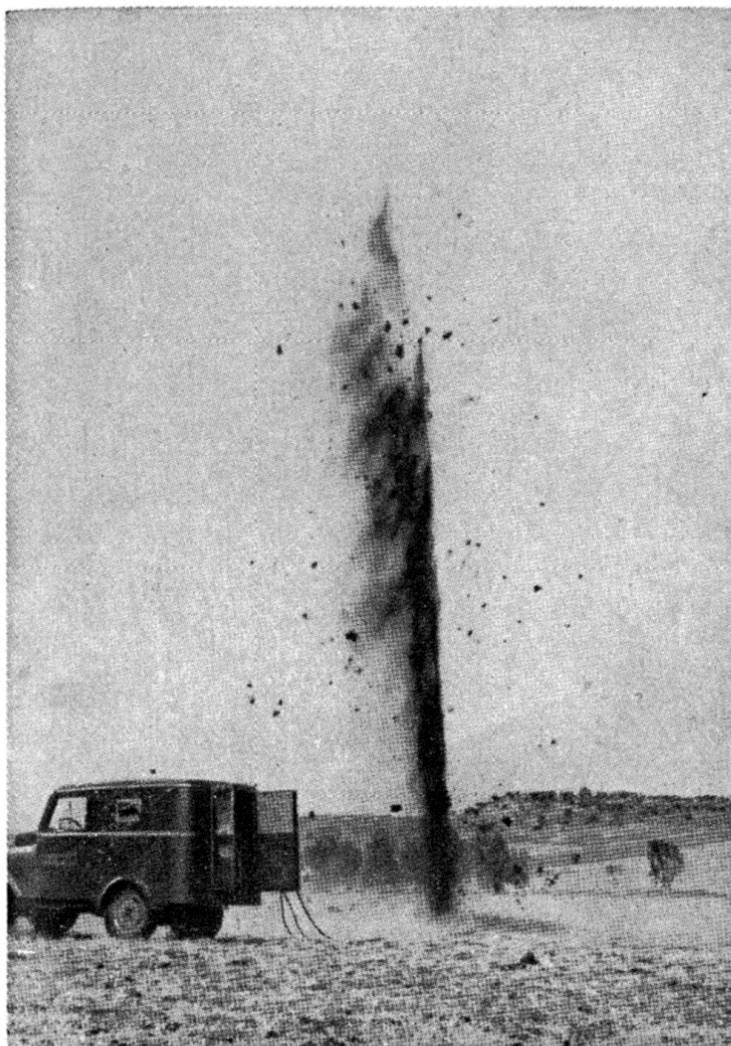



FIG. 97

Esplosione di una carica per prospezioni geosismiche sotto terra.

o laterale a seconda dei singoli brevetti, e quindi lasciati cadere, con ogni precauzione, nel foro fatto dalla trivella, avendo l'avvertenza che il filo del detonatore non si rompa e non si speli.

L'intasamento viene fatto generalmente con acqua onde aumen-

tarne l'effetto esplosivo. Quindi per mezzo di un esploditore, si fa scoppiare la carica, la quale trasmetterà le vibrazioni agli appositi apparecchi appoggiati precedentemente al terreno, i quali, a loro volta, le trasmetteranno ai sismografi che registreranno i tempi e le intensità di arrivo nelle località della zona. Questi sismografi trovansi in un camioncino che segue le squadre delle ricerche e tracciano un grafico su carta millimetrata (fig. 97). E' da notare che dalla zona di esplosione, si propagano delle onde dello stesso genere di quelle sismiche che portano i dati relativi a strati di profondità fino a tre chilometri.

I tecnici, dai grafici, ricaveranno i dati necessari per vedere se in quella data zona vi sono probabilità di trovare petrolio o metano, poichè da tali grafici, è possibile risalire ai percorsi fatti dalle onde, conoscendo i tempi fino al millesimo di secondo.

Tali ricerche, come si sa, vengono fatte anche in mare e sono molto interessanti, in quanto, dopo lo scoppio, le cui vibrazioni sono captate dagli apparecchi sistemati su una apposita nave appoggio, si possono vedere oltre ad altissimi getti di acqua, anche un ribollimento dell'acqua circostante, a volte impressionante, come accadde di vedere all'autore tanti anni fa nel golfo di Trieste e al largo di Ravenna (fig. 98).

Esplosivi per tali ricerche ve ne sono molti ed io mi limiterò a citarne, come al solito, qualcuno, premettendo che molti, come la « **Sismite** », il **Geo-Mon A** e la **Tutamite** sono italiane, mentre il **Nitraflex Sismarine** sono francesi e tutti del tipo dell'amatolo.

Il **Sismarine** ha la seguente formula: Nitrato ammonico 85,5%; dinitrotoluene 7%; ortonitrotoluene 2,5%; cellulosa 4%; sodio carbossimetilcellulosa 0,5%; stearato di calcio 0,5%.

Il **Geo-Din B** e il **Nitrogel** italiani, il **Geophex** inglese e spagnolo, i **Geosit, Seismoltolit, Seismongelit** tedeschi, e gli **Hercules vibrogels** americani sono invece gelatinosi a base di nitroglicerina.

Questi esplosivi possono essere adoperati, se necessario, anche a profondità di oltre centro metri, ma devono avere un involucro resistente alla pressione e innescato con apposito detonatore. Tutti hanno velocità di detonazione che vanno dai 4000 ai 6000 metri/secondo, con un trauzl di circa 350-400 cc.; non devono essere sensibili nè alle basse temperature nè alle alte, poichè possono venire adoperate per ricerche sia nelle terre polari che nel deserto. Come ho detto hanno bisogno di un'alta velocità di detonazione, inoltre di velocità costante nel tempo, di un alto peso specifico per un facile affondamento delle cariche nei fanghi di perforazione e, sotto alte pressioni idrostatiche, devono resistere bene all'acqua.

Un altro esplosivo interessante per perforatori di pozzi di petrolio è il **Franz** composto dal 20% di diazodinitrofenolo, 5% di tetrazene, 25% di sale di piombo dell'etilendinitroammina, 20% di siliciuro di calcio, 24% di nitrato di bario, 6% di perossido di piombo, 0,5% di gomma arabica, il quale non esplode al disotto di 300°, è poco potente e ha poca sensibilità all'urto e alla frizione. (U.S.b - 1955).

Altro esplosivo per prospezioni sismiche e buon dirompente è il **Taylor-Gregg** composto da 57,5% di miscela 20/20 di nitroglicerina-etilenglicol dinitrato, nitrocellulosa 2,5%, farina deproteneizzata 13%, nitrato sodico 26,4%, creta 0,3%, fosfato acido di ammonio 0,3%. (Imp. Chem. Industries Ltd Bait. 1954).

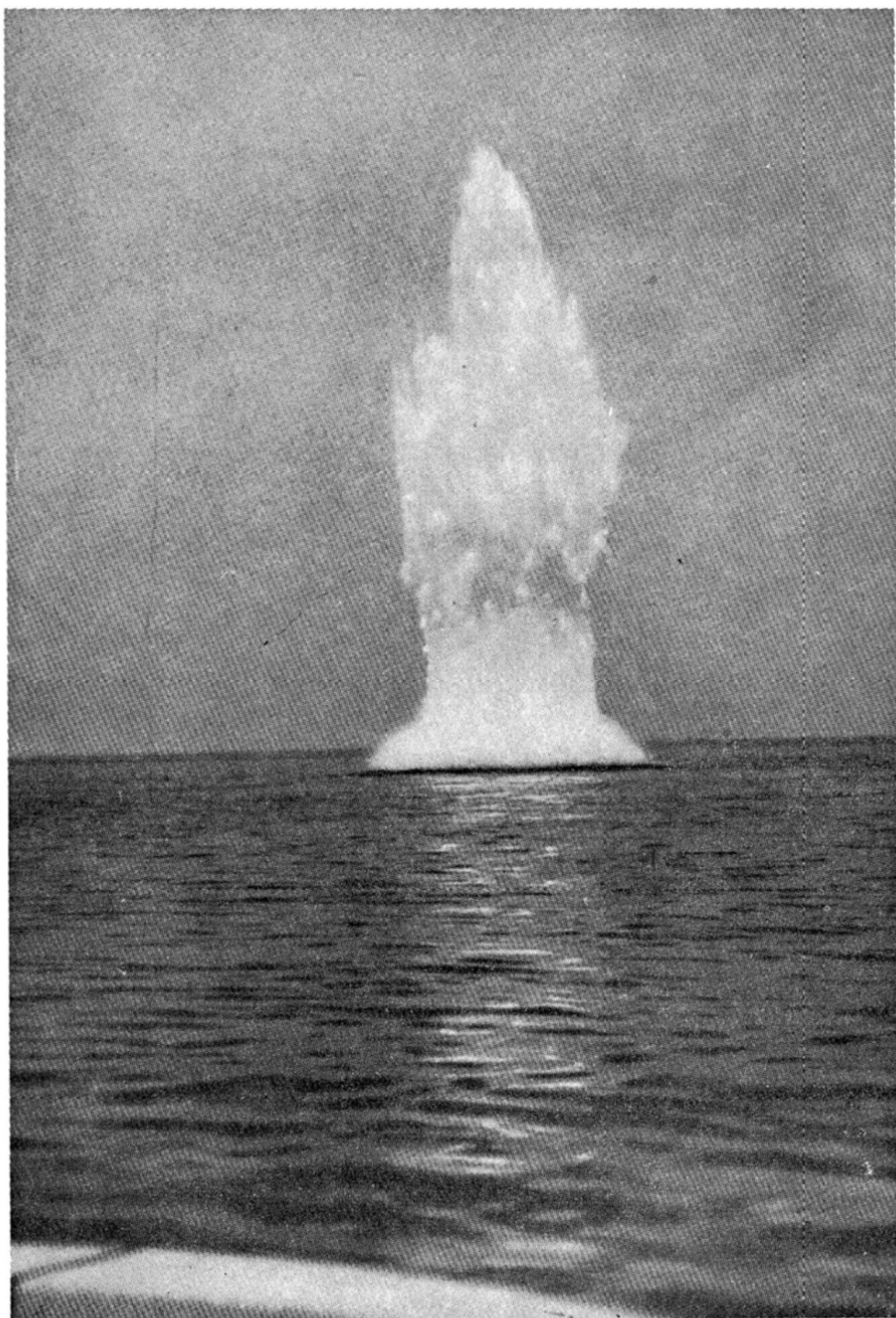



FIG. 98 - Esplosione di una carica per prospezioni geosismiche in mare.

Un nuovo sistema per le prospezioni geosismiche è quello delle così dette **cariche allungate,** cioè con una sola miccia detonante sistemata in modi vari e cioè da più tratti rettilinei e paralleli, ognuno innescato singolarmente ma contemporaneamente agli altri, oppure foggiati a zig-zag per aumentare la lunghezza del cordone, oppure in cerchi disposti intorno ad un punto centrale che è poi quello di scoppio. Per l'innescamento si impiega un numero di detonatori tale per cui ognuno di essi interessi un dato prefissato di miccia secondo calcoli ben precisi. I solchi per deporvi le micce vengono tracciati da appositi aratri che automaticamente e contemporaneamente stendono e ricoprono la miccia.

ESPLOSIVI PER USI AGRICOLI

Tali esplosivi, prima del 1915 sono stati molto usati in Austria, in Germania e in America, mentre dopo il 1918 e cioè dopo la prima guerra mondiale, e nel 1945 dopo la seconda, quando l'Amministrazione Militare si trovò con molti esplosivi inutilizzabili a scopo bellico e che decise di vendere a privati per usi agricoli, si cominciarono ad adoperare anche in Italia specialmente per lavori di bonifica.

Sono quasi tutti a base di nitrato ammonico e, tra i vantaggi del loro impiego nei lavori agricoli, vi è quello di distruggere gli eventuali parassiti presenti nel terreno.

In Italia se ne sono adoperati due denominati *Ager e Geoclastite* aventi ambedue un Trauzl di circa 350 cc. e una velocità di circa 4000 m/s.

Per usi agricoli tali esplosivi sono stati un po' soppiantati dagli enormi aratri, ruspe, ecc. oggi in commercio per cui il loro uso è limitatissimo.

ESPLOSIVI NELLA LOTTA ANTIGRANDINE

In alcuni paesi europei e di altri continenti, gli esplosivi antigrandine sono molto adoperati; in Italia, per motivi che spiegherò più avanti, lo sono un po' meno quantunque pare che in questi ultimissimi tempi siano in ripresa.

Attualmente essi, ideati alcuni anni or sono dal Generale francese Federico Ruby, sono fabbricati per raggiungere altezze di 500-1000-1500-2000 m. Sono formati da cariche esplosive di circa gr. 800 di *Tritolo* o *Cheddite* o esplosivi similari che vengono lanciati su apposite rampe di lancio e fatti esplodere durante i temporali (vedi figg. 189-190).

Per raggiungere le altezze sopra accennate, hanno naturalmente bisogno di un razzo motore in cartone o in plastica spinto da polvere nera fortemente compressa in diverse volte, onde la densità sia costante o da altre polveri di lancio, unito ad un governale di legno o a quattro alette direzionali in plastica. La carica di locomozione che pesa da 600 a 2500 gr. si innesta, all'atto del lancio, all'ogiva nella quale si mette un detonatore del n. 8 infilato nella carica di scoppio.

Tali cariche, con la loro esplosione, hanno la proprietà di frantumare i chicchi di grandine in formazione per un raggio di circa 100 metri attorno al punto di scoppio facendo volatilizzare le schegge di ghiaccio nell'aria in modo che, prima di giungere a terra, queste siano trasformate in acqua o piccolissimi pezzi di ghiaccio.

In Italia, intorno al 1950 e fino a qualche anno fa, tale cintura di difesa, specialmente in Piemonte, Veneto, Emilia-Romagna e in parte anche in Sicilia, aveva avuto un discreto successo, in quanto si erano

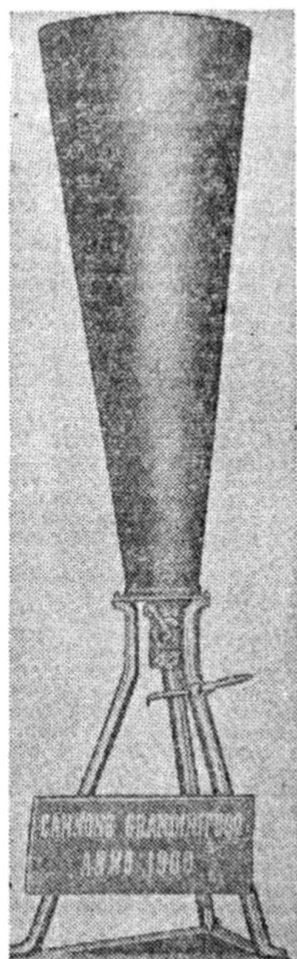



FIG. 99

Cannone grandinifugo usato in passato contro la grandine e che anticipò i razzi attualmente usati.

organizzate delle vere e proprie cinture di sicurezza con una serie di postazioni lanciarazzi affidate a contadini. Alcuni di questi però, poco pratici e forse male istruiti, all'avvicinarsi del temporale, sparavano all'impazzata un razzo dopo l'altro fino all'esaurimento delle munizioni, senza curarsi della direzione del vento e di centrare bene le nuvole. Inoltre, di notte, ammettendo che i contadini fossero già svegli all'avvicinarsi del temporale, le cose, a causa dell'oscurità peggioravano anco-

ra, per cui tali razzi venivano purtroppo sparati senza criterio e quindi con risultati pressochè negativi, con forti spese e grave pericolo anche per l'incuria con la quale venivano custoditi.

Nelle poche postazioni ancora esistenti e ben organizzate, il sistema dei razzi funziona in modo soddisfacente per cui questo, a mio avviso rimarrebbe un campo ancora tutto da rivedere e da studiare più che altro per la difficoltà di intervenire al momento giusto e di organizzare postazioni attrezzate anche nei minimi particolari con personale ben istruito e conscio che i razzi che egli maneggia vanno trattati coi dovuti riguardi e conservati in luoghi asciutti e ben protetti.

Anticamente furono usati i cosi detti « *cannoni grandinifughi* » (fig. 99) che venivano caricati a polvere nera e ultimamente i così detti « *candelotti fumogeni* » e persino « *i palloncini* » caricati a *Joduro di argento* i cui vapori venivano immessi nell'atmosfera per mezzo di appositi apparecchi. I vapori di joduro di argento, una volta raggiunte le nubi, avrebbero dovuto trasformare la grandine in acqua, ma non si tenne conto del vento che faceva sbandare le cortine di fumo e i palloncini mandandoli a finire dove non era necessario.

Attualmente una nota ditta americana, la Wincester, sta sperimentando in Piemonte un nuovo sistema con appositi aerei, i quali all'avvicinarsi del temporale, su segnalazione radar, si dovrebbero alzare dai campi di volo muniti, sotto le ali, di batterie di proiettili detti « *termodispersori* » carichi di joduro d'argento. Tali apparecchi compirebbero una manovra di avvicinamento alle nuvole minacciose e, quando queste sono a tiro, aprirebbero il fuoco lanciando i proiettili nella direzione ritenuta necessaria. Essi lasciando una scia di gas di joduro di argento riuscirebbero a decongestionare le nubi cariche di grandine e a liquefare i chicchi trasformandoli in pioggia o in una specie di neve che si scioglie prima di toccare terra.

Auguriamoci che le esperienze, sia col vecchio sistema dei razzi che dei termodispersori al joduro di argento continuino, ed abbiano esito positivo onde salvare i nostri raccolti dal flagello della grandine che ogni anno procura danni di miliardi alle nostre ubertose campagne e ai nostri bravi contadini.

Questa lotta contro la grandine presenta infinite difficoltà, poichè l'andare contro natura è tutt'altro che semplice, ma con lo studio e l'aiuto degli esperti e degli Enti ad essa preposti, io penso che si riesca, se non a vincerla del tutto, per lo meno a vincerla in parte.

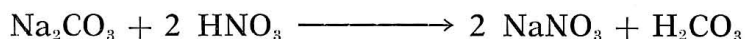
NITRATO DI SODIO (p.m. 85,05)

Il nitrato di sodio ($NaNO_3$), anche a causa della sua igroscopicità, è poco adoperato nella tecnica degli esplosivi. Generalmente il nitrato di sodio negli esplosivi da mina, si aggiunge non perchè abbia pro-

prietà esplosive, ma per elevare il tenore di ossigeno e per diminuire la temperatura d'esplosione.

Questo sale si trova in grandi quantità a Tarapaca e Tacoma lungo le coste del Cile e del Perù; questi giacimenti naturali contengono il nitrato di sodio e insieme a cloruro di sodio, perclorato e jodato di sodio, costituiscono ancora oggi la sorgente più importante di tutto il mondo. Giacimenti di minor importanza si hanno nella Columbia, California, Africa del Sud ed Egitto.

Attualmente al nitrato sodico del Cile e del Pirù, i cui giacimenti vanno a mano a mano estinguendosi, si sostituisce quello sintetico con il carbonato di sodio secondo la reazione:

$$Na_2CO_3 + 2\ HNO_3 \longrightarrow 2\ NaNO_3 + H_2CO_3$$

Il nitrato di sodio cristallizza in grani romboidi incolori aventi punto di fusione 314° e peso specifico 2,26. Calore formazione Kcal/Kg. 1309.

Col riscaldamento al di sopra di 380° comincia a decomporsi. Ha un sapore salino lievemente amaro. Si scioglie nell'acqua con assorbimento di calore. Tra gli esplosivi a base di nitrato sodico si possono citare il:

GD 1 col 60% di nitroglicerina; 3,5 cotone collodio; farina legno 5,2%; nitrato sodico 30,5%; carbonato di sodio 0,5%; ocra 0,3%.

Kadinite col 26% di nitroglicerina; 56% di nitrato sodico; 10% di zolfo; carbone e sostanze cellulosiche 8%.

Polvere Borlinetto con 35% di nitrato sodico, 35% di ac. picrico e 30% di cromato di potassio.

Polvere Wegel con 53% di nitrato di sodio, 27% di nitroglicerina, 1% di cotone collodio, 4,5% di creosoto, 9% di farina di segale, 5,5% di bicarbonato di sodio.

Vulcan Powder con 30% di nitroglicerina, 52,5% di nitrato di sodio, 7% di solfo, 10,5% di carbone.

Analisi chimica - L'analisi chimica del nitrato di sodio è identica a quella del nitrato ammonico.

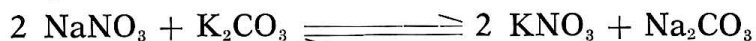
Le caratteristiche principali che deve avere tale sale sono le seguenti:

Umidità	2,5%
Sostanze insolubili	0,05%
Cloruri	0,5%
Solfati	tracce
Nitriti	tracce
Reazione al tornasole	alcalina
Acidità in NaOH	0,010%
Reazione al rosso metile	alcalina
Purezza	99,05%

NITRATO DI POTASSIO (p.m. 101,104)

Il *nitrato di potassio* (KNO_3), detto *salnitro* o *nitro prismatico,* è sale noto fin dai più antichi tempi. Non è igroscopico.

Nel sec. XIX Ruggero Bacone aveva fatto conoscere la sua purificazione per l'impiego della polvere pirica. Poco dopo la guerra di Crimea fu introdotto nella tecnica il processo di preparazione del nitrato di potassio per decomposizione del nitrato del Chilì con carbonato di Potassio (1855):

$$2\ NaNO_3 + K_2CO_3 \rightleftharpoons 2\ KNO_3 + Na_2CO_3$$

Quando all'industria chimica furono chiusi i giacimenti di sali potassici di Stassfurt e di Leoposdhall (1860) si diffuse il processo di conversione, più economico, fondato sulla decomposizione del nitrato di sodio col cloruro di potassio:

$$NaNO_3 + KCl \rightleftharpoons KNO_3 + NaCl$$

Il nitrato di potassio si trova in natura in efflorescenza sui muri nei luoghi umidi. Durante la guerra 1915-1918 l'India produsse una discreta quantità di nitrato di potassio estraendolo dal fango del Gange ricco anche di nitrato di calcio.

Nella tecnica degli esplosivi, all'infuori della polvere nera, attualmente è poco adoperato per il suo alto costo. Come tutti i nitrati abbassa la temperatura d'esplosione, così che si possono fabbricare anche esplosivi antigrisutosi, però in questi non può superare il 5% (Bayling e Vennin).

Il nitrato di potassio, come il nitrato ammonico e il nitrato sodico e in genere tutti i nitrati, oltre ad abbassare la temperatura di esplosione e a rallentare la vivacità della deflagrazione, abbassa il grado di congelazione. Ha la proprietà di essere meno igroscopico dei tre, e di potersi mescolare, come ho già detto, al nitrato ammonico senza diminuire la stabilità dell'esplosivo e di conservare bene gli esplosivi gelatinati.

Peso specifico: 2,10. Punto di fusione: 314°. Calore formazione Kcal/ Kg.: 1180.

Di esplosivi in cui la base principale era il nitrato di potassio, all'infuori della polvere nera, ve ne sono stati pochi. Eccone qualcuno:

Bobbinite composta di nitrato di potassio 62-65%; carbone 17-19%, solfo 1,5-2,5%; solfato ammonico e rame 13-17%.

Afosite composta di nitrato di potassio 28-31%; nitrato ammonico 58-62%; solfo 2-3%; carbone 7-9%.

Virite composta di nitrato di potassio 33-38%; nitrato ammonico 35-40%; solfo 4-5%; carbone 10-12%; ossalato ammonico 9-12%.

Bellite A e B composta la **A** di nitrato di potassio 54-59%; dinitrobenzene 45-41%; e la **B** di 70,63% di nitrato di potassio e 29,37 di dinitrobenzene.

Esplosivo Brown composto di nitroglicerina 30%; nitrato di potassio 40%; solfato di Magnesio 24%; cotone collodio 1%; resina trementina 4%; carbonato di sodio 1%.

Polvere Boyd composta di nitrato di potassio 43,75%; solfo 18,75%; cera e ossido di ferro 12,50%; nitrato di bario 12,50%; ac. picrico 6%; farina di legno 6,21%.

L'unico esplosivo che, almeno in passato ed anche, seppure in misura molto limitata abbia avuto ed abbia ancora importanza sia come esplosivo da mina che da guerra e da caccia, è la polvere nera, ancora insostituibile per fuochi d'artificio, come carica innescante di spolette, razzi ed altri artifici del genere.

L'autore di questo libro ha avuto occasione di fabbricare razzi, racchette, bengala, fumogeni, ecc. ma ha constatato che il miglior innescante e il più economico è ancora *la polvere nera* anche se ora si cerca di sostituirla, specialmente in alcuni artifizi militari, con gli idruri di vari metalli, costosi, difficili da trovarsi e più pericolosi.

Analisi chimica del nitrato di potassio - E' la stessa del nitrato di sodio.

POLVERE NERA

La polvere nera, come ho detto al principio del libro nella storia degli esplosivi, è il più antico esplosivo che si conosca, risalendo a quasi due mila anni prima di Cristo ad opera dei Cinesi. Pare che in Europa, il primo a fabbricarla industrialmente, sia stato un monaco tedesco di nome Bertoldo Schwarz di Friburgo vissuto nel secolo XIV, che, a sua volta ne ebbe notizia da Ruggero Bacone che per primo la confezionò.

Essa risulta formata da una mescolanza meccanica di nitrato di potassio, solfo e carbone vegetale. La quantità di questi componenti, come vedremo, varia a seconda dei paesi in cui viene fabbricata.

Ecco una tabella delle composizioni della polvere nera nelle diverse nazioni:

TABELLA 45

Nazioni	*Nitrato di K*	*Solfo*	*Carbone*
Austria - Ungheria Cina - Francia - Inghilterra - Italia - Russia - Stati Uniti - Turchia	75%	10%	15%
Belgio	75,5%	12%	12,5%
Germania	74%	10%	16%
Iran e Spagna . . .	75%	12,5%	12,5%
Portogallo	75,7%	10,7%	13,6%
Svezia	75%	10%	15,5%

Le composizioni migliori, a seconda degli usi, sarebbero le seguenti:

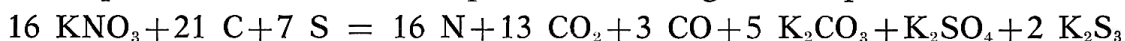
Polvere da guerra:
nitrato di potassio 74-75%; Carbone 15-16%; solfo 10%

Polvere da caccia:
nitrato di potassio 75-78%; carbone 12-15%; solfo 9-12%

Polvere da mina:
nitrato di potassio 60-72%; Carbone 14-21%; solfo 13-18%

Come vedremo anche in seguito, la ragione delle diversità delle proporzioni sta in questo: che per la polvere da guerra (fucili e cannoni) ormai abbandonata per tali usi, è necessario che l'esplosivo non deflagri con troppa rapidità, altrimenti danneggia le armi col pericolo di farle scoppiare; maggiore rapidità invece occorre per la polvere da caccia e maggiore quantità di gas occorre nella polvere da mina per ottenere il massimo effetto.

La potenza della polvere sta nella pressione esercitata dalla enorme quantità dei gas che si sviluppano nell'esplosione e che, all'atto dello scoppio, hanno un volume 1000 volte maggiore di quello che occupava la polvere. Le principali reazioni che avvengono nell'arma o nella mina sotto pressione, sarebbero espresse dalla seguente equazione:

$$16\ KNO_3 + 21\ C + 7\ S = 16\ N + 13\ CO_2 + 3\ CO + 5\ K_2CO_3 + K_2SO_4 + 2\ K_2S_3$$

Si sviluppano quindi i gas: azoto, anidride carbonica, ossido di carbonio e le sostanze solide sono: carbonato di potassio, solfato di potassio, solfuro di potassio che, insieme a piccole quantità di carbone e di nitro non decomposto, danno il fumo della polvere. Tra i prodotti si trovano poi anche le traccie di altre sostanze.

La polvere nera è uno degli esplosivi più pericolosi per l'estrema

facilità che ha nell'incendiarsi, il che avviene specialmente per sfregamento. La sua lavorazione abbisogna di molte attenzioni specialmente quando trovasi allo stato asciutto, di strumenti di legno, rame, ottone, alluminio: i locali devono essere aereati e, nella prima parte della lavorazione, piuttosto umidi, mentre, nell'ultima, asciutti. E' un esplosivo molto igroscopico e quindi di difficile trattamento.

Il nitrato di potassio è la parte comburente, mentre gli elementi combustibili sono lo zolfo e il carbone. La reazione esplosiva è dovuta principalmente all'ossidazione del carbone, cioè alla trasformazione del carbone, sostanza solida, nell'CO e nell'CO_2 composti gassosi per cui si sviluppa una forte quantità di calore. Lo zolfo è molto importante, deve essere ventilato e quindi privo di acido solforico, perchè bruciando ad una temperatura inferiore al carbone, facilita l'infiammazione e rende la polvere meno igroscopica.

Importante è il sapere che un aumento della percentuale di nitrato a spese della percentuale di carbone, fa diminuire la velocità di combustione. Il tipo di carbone usato, come vedremo anche in seguito, ha una parte notevole sulla velocità di combustione per cui questa aumenta con il grado di incorporazione e diminuisce con l'aumentare della densità dei grani.

Il dosamento teorico per il quale si ha ossidazione completa è il seguente:

$K\ NO_3$	84%
Solfo	8
Carbone	8

che corrisponde alla seguente equazione stabilita da Berthelot:

$$10\ KNO_3 + 3\ S + 8\ C = 2\ K_2CO_3 + 3\ K_2SO_4 + 6\ CO_2 + 5\ N_2$$

Il dosamento più usato però è questo:

KNO_3	75%
Solfo	10
Carbone	15

Nelle polveri da mina, occorrendo che esse siano molto vive e producano subito una gran quantità di gas, come sopra accennato, si è diminuito il nitrato di potassio che ritarda la combustione, e si è aumentato lo zolfo. Si è osservato che una piccola variazione in contenuto in solfo non influenza la velocità di combustione, ma lo 0,2% di umidità la fa diminuire. Nello stesso tempo, data la minor quantità di nitrato, diminuisce il costo.

Ecco un esempio di un'altra polvere:

KNO_3	70%
Solfo	18
Carbone	12

Quanto più sottili sono i grani, tanto più rapida è la combustione della polvere. Questa invece brucerebbe molto lentamente se non fosse granulata. Perciò la polvere a grani più sottili è fatta per i fucili da caccia, più grossa era quella per i fucili da guerra; quella da mina ha i grani grossi come piselli ed è più dura e la sfericità dei grani permette di avere inizialmente la massima superficie di combustione. La polvere da cannone ormai abbandonata, si fabbricava anche in grossi blocchi traforati.

La granitura della polvere da mina permette di mantenere intimo il miscuglio in quanto ostacola la separazione dei componenti e diminuisce l'igroscopicità, perchè la superficie esposta all'aria diminuisce. Essa s'infiamma dai 270 ai 320° ed ha granelli di 3-6 mm.

Ecco una tabella da « Explosivstoffe - Wasag - chemie » del 1962 riguardante la granulometria della polvere nera:

TABELLA 46

Tipo di Polvere nera	Granulometria
Polvere da mina normale	fino ad 8 mm.
Polvere da mina fine	fino a 3 mm.
Polvere boller (per mortaretti) . .	fino a 2 mm.
Polvere Musket	fino a 1 mm.
Polverino da miccia	0,2-0,7 mm.
Polvere pirotecnica farinosa . . .	0,7-0,3-0,15 mm.
Polvere pirotecnica granulare . . .	0,3-0,7; 0,3-0,93; 0,3-1,5; 0,5-1,2; 0,7-1,5; 0,93-1,5; 2-4; 4-8 mm.
Polvere da caccia	F = 0,2-1,2; FF = 0,2-1,04 mm. FFF = 0,2-0,7; FFFF = 0,15-0,43 mm.

Inoltre riporterò le caratteristiche delle polveri nere per usi civili vendute in Francia:

TABELLA 47

Nome della polvere	Composizione			Usi
	KNO_3	Solfo	Carbone di legna	
Polverino n. 1	75	12,5	12,5	Per artifici.
M.O.R.	62	28	10	Estrazione rocce tenere, ardesia e marmi.
M.C.H.A.	75	12,5	12,5	Utilizzata sotto forma di compresse per abbattere rocce fessurate o no.
P.N.S.A.	75	10	15	In compresse per rocce non fessurate.
Polvere al $NaNO_3$			con lignite	
FG n. 1	64	18	18	Confezionate per miscele lente
FG n. 2	60	22	18	
FG n. 3	58	24	18	
FG n. 4	75	15	10	

SISTEMI DI FABBRICAZIONE

I sistemi di fabbricazione sono i seguenti:

a) con pestelli
b) con macine
c) con botti
d) con misti

Mi limiterò ad esporre brevemente il sistema principale, *vale a dire quello delle botti,* molto simile però a quello delle macine, che consiste nel ridurre in minutissime parti i tre componenti; nel mescolare, dato il volume molto superiore del carbone, una parte del carbone col nitrato e l'altra con lo solfo e nel macinarli in botti o sotto molazze setacciandoli poi con setacci aventi 3000 maglie per cm.[2] (figg. 100 e 101).

3 2 1

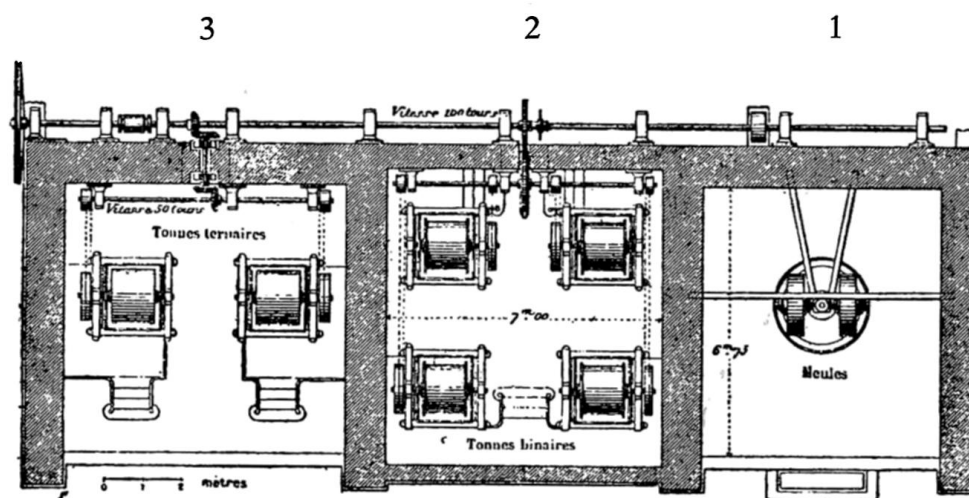



FIG. 100 - Piccola fabbrica di polvere nera. (1) molazza; (2) botti binarie; (3) botti terziarie.

Ottenuti così i primi due miscugli, dette *farine binarie,* vengono introdotte separatamente dentro botti di lamine di ferro dello spessore di 3 mm. con dentro delle sfere durissime di bronzo. Queste botti sono mobili attorno ad un asse orizzontale ed hanno internamente risalti di 5 cm girando ad una velocità di 20-25 giri al 1'. Per fare questa operazione occorrono circa 12 ore.

Le farine binarie poi si decantano riunendole in altre botti contenenti biglie di legno duro o di resina sintetica, dette *terziarie* che, dopo una durata di rotazione di circa 6 ore alla velocità di circa 15 giri al 1', danno la polvere nera.

Le botti terziarie, dato il pericolo che presentano a questo punto i componenti che sono già allo stato di esplosivo, sono di legno, foderate di cuoio. Così formato, l'esplosivo viene setacciato, bagnato con

circa il 2% di acqua e *poi compresso a 150-200 atm. mediante presse* in modo da avere omogeneità ed elevata densità: infine si procede alla granulazione o mediante il granitoio Lefèvre usato ancor oggi in Francia e in Germania o mediante il granitoio Congrev. (fig. 102).

Attualmente il più usato è il Congrev che descriverò brevemente. Esso è formato da varie coppie di cilindri di bronzo scanalati longitudinalmente e trasversalmente; la polvere dapprima frantumata me-

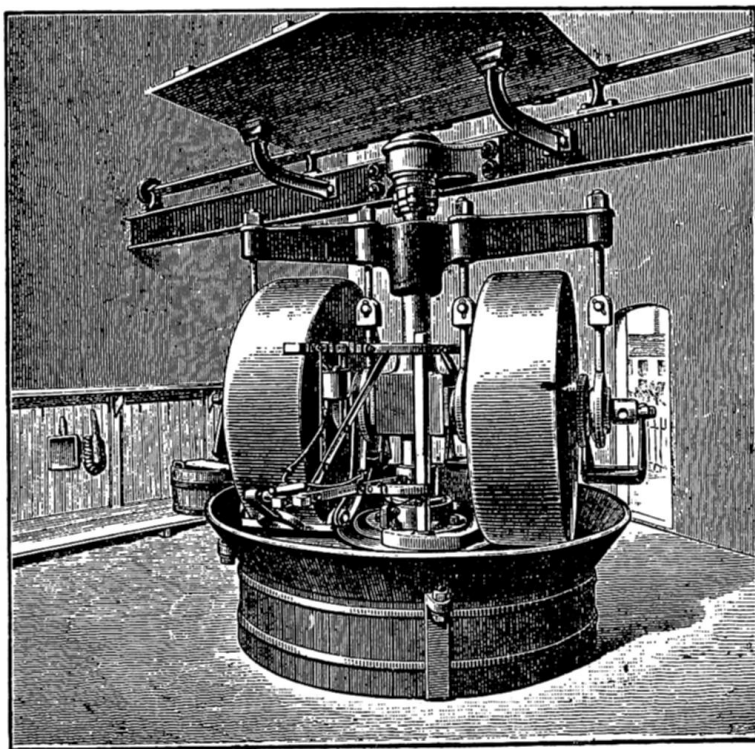



FIG. 101 - Molazza per polvere nera.

diante un frantumatore, è sollevata con tele scorrevoli fino ai primi cilindri muniti di denti a piccole piramidi sporgenti 10 mm., passa poi ad altri cilindri più fini con 3 mm. di sporgenza e infine ad altri lisci che danno alla polvere l'aspetto di scagliette. I cilindri naturalmente si possono avvicinare più o meno, mentre una spazzola si incarica di tenere sempre puliti i denti. La polvere così granulata cade sopra dei setacci sovrapposti che, facendo circa 150 vibrazioni al 1', permettono di separare le polveri di diversa grossezza.

Siccome i granelli a questo punto presentano ancora degli spigoli, la polvere viene messa in *botti lisciatorie*. I grani urtandosi tra loro, si riscaldano anche fino a 65° liberando l'acqua attraverso un'apertura praticata al centro della botte e attraverso la quale si carica, lisciandosi e quindi indurendosi. Verso la fine della lisciatura, si aggiunge

circa l'1% di grafite che aiuta l'operazione e rende omogenea la superficie dei granelli proteggendoli dall'umidità. Dopo circa 7 ore la polvere che ha sempre continuato a girare, esce perfettamente asciutta e lucida.

In alcuni stabilimenti si preferisce ritirare la polvere ancora un po' umida e procedere all'essiccamento esponendola al sole poichè è l'unica polvere che è permesso esporre al sole, o in essiccatoi a scansie ad una temperatura di circa 50° fino ad avere un contenuto d'acqua dell'1%.

Attualmente vengono preparati tipi di polvere nera vivace a grani piccoli con peso specifico 1,7 che vengono adoperati per spolette, bombe, inneschi.

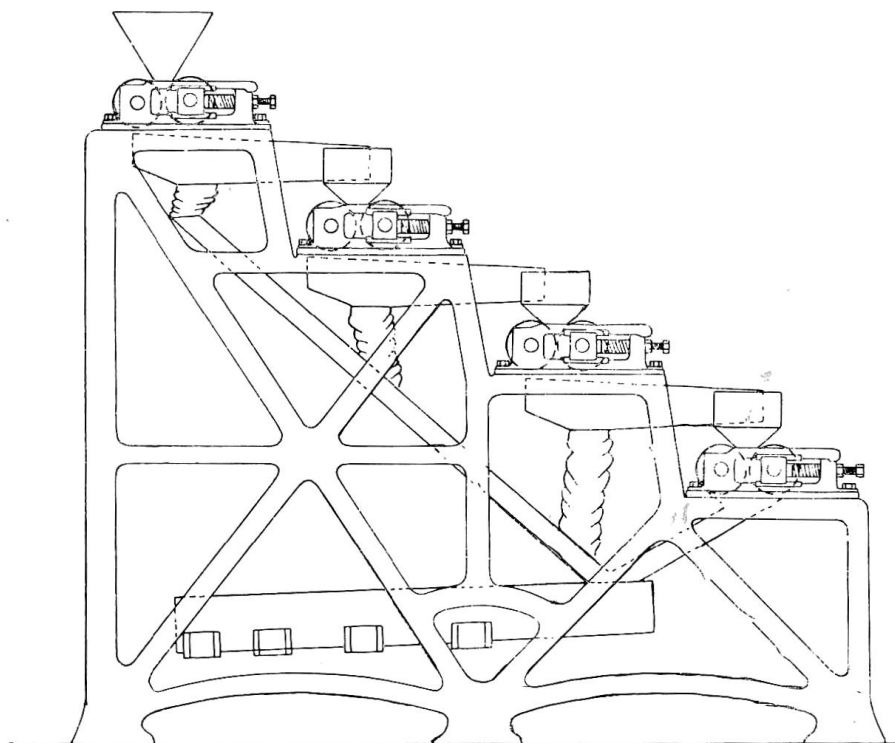



FIG. 102 - Granitore Congrev.

Nella fabbricazione ha molta importanza la purezza dei componenti e la loro qualità. Ecco quali devono essere le loro caratteristiche:

Il nitrato di potassio non deve contenere più di 0,005% di cloruri e deve essere privo di perclorati.

Lo solfo, come già accennato, non deve contenere tracce di ac. solforico e deve essere del tipo ventilato e **non solfo in fiori.** Il residuo dello solfo, **per l'analisi,** si determina bruciando lo solfo in crogiolo di porcellana: non deve essere superiore allo 0,10%. **L'Arsenico** nello solfo si determina riscaldando 5 gr. di solfo a 50-60° per circa un quarto d'ora con 100 cc. di ammoniaca. Il liquido filtrato, acidificato con ac. cloridrico, non deve dare precipitato apprezzabile con ac. solfidrico.

Il carbone ha poi un'importanza grandissima: infatti esso deve essere omogeneo, poroso, poco ruvido e con basso contenuto di cenere, per cui bisogna adoperare non solo un dato sistema di preparazione, ma bisogna scegliere anche le qualità del legno da carbonizzare. Si preferiscono i rami di almeno 3 anni aventi un diametro di 5-8 cm. eliminando la corteccia. La sua umidità non deve oltrepassare l'1,5%.

Per le polveri da cannone e da mina si preferisce il salice bianco, l'ontano, il pioppo, mentre per le polveri da fucile si usa il nocciolo, la frangula e gli steli di canape. Da 50 Kg. di legno di frangula si ottengono o Kg. 15,200 di carbone all'80% di carbonio, oppure Kg. 18 di carbone al 68% di carbonio. Da 100 Kg. di steli di canape si ottengono quasi 40 Kg. di carbone ed è quello che brucia meglio, mentre il nocciolo ne dà 33. Il legno scaldato fuori del contatto dell'aria, svolge gas combustibili, ma la più gran parte annerisce e non brucia e forma il carbone. Si è constatato che quando la temperatura si aggira sui 280-340° si ottiene un carbone leggero, rossiccio, molto combustibile, mentre a temperatura più elevata si ottiene un carbone pesante, che brucia male. Il carbone, onde impedire che assorba umidità, è bene macinarlo poco prima dell'uso, diversamente può dar luogo ad autocombustione. Altri carboni adoperati nei vari stati sono quelli di vite, di mais, di sughero, di tiglio.

Ritengo interessante riportare una tabellina con la composizione chimica dei carboni ottenuti a varie temperature:

TABELLA 48

Temperatura di carbonizzazione	Composizione dei carboni ottenuti			
	C%	H%	N + 0%	Ceneri
275°	62,71	6,68	29,40	1,17
300°	66,32	6,16	26,11	1,41
325°	69,80	6,00	22,61	1,59
350°	74,60	5,84	18,32	1,59
375°	78,70	5,42	14,24	1,64
400°	81,36	5,05	11,81	1,77
425°	82,50	5,03	10,59	1,88
450°	82,09	4,22	8,97	2,08
475°	86,62	4,25	6,24	2,34

Questa tabella dimostra in modo evidente che il tenore di carbonio e di ceneri è in ragione quasi diretta della temperatura, mentre quello dell'idrogeno, azoto e ossigeno è in ragione inversa.

La prova è stata fatta carbonizzando il carbone sia con caldaia elettrica sia con quella a vapore usate negli stabilimenti militari, ma tra le due non si è avuta differenza.

Il carbone adoperato per fare la polvere nera da mina e il polverino per micce, è ottenuto generalmente nelle così dette « *carbonaie* », facendo bruciare il legno piano piano e coprendolo con terriccio onde impedire, al massimo, il suo contatto con l'aria. Purtroppo è un mestiere questo che va scomparendo per cui il carbone è caro.

Qualità che deve presentare la polvere nera e suoi usi. I grani della polvere nera non devono presentare macchioline chiare o puntini biancastri: la loro presenza rivela efflorescenze di nitrato dovute, in genere, a separazione di umidità.

Una prova pratica ma empirica per accertare la bontà di una polvere, e che dà generalmente buoni risultati, è quella del così detto « **foglio di carta bianco** ». Una buona polvere nera messa su un foglio di carta bianco, non deve sporcarlo; accesa non deve lasciare residui, non deve comunicare il fuoco alla carta e potrà solo affumicarla, cioè la combustione deve essere tanto rapida da non avere il tempo di incendiare la carta e, in più, non deve lasciare residuo. Se il foglio brucia, significa che la polvere è umida; se il foglio si macchia di nero, che vi è eccesso di carbone; se appaiono macchie gialle eccesso di solfo.
La polvere nera deve avere una colorazione nera rossastra pressochè uniforme. Qualora vi fossero chiazze, colorazioni diverse, difformità di granitura, la polvere non si può qualificare buona.

La polvere nera da mina per esplodere non ha bisogno di detonatore, è sufficiente una normale miccia a lenta combustione (vedi fig. 58) e un buon intasamento. Qualora si desideri avere un effetto superiore, occorre aggiungere un po' di balistite minuta in proporzioni variabili che vanno dal 4 al 12%. In questo caso però è bene adoperare un detonatore, poichè potrebbe darsi che la sola miccia non fosse sufficiente a dare il risultato desiderato. Poichè la velocità di combustione diminuisce con l'aumento della densità, essa esercita un potere di spinta per cui lavora bene in rocce non troppo dure e asciutte: dato il suo carattere progressivo non deve essere adoperata in rocce fessurate poichè i gas prodotti sfuggirebbero dalle fessurazioni producendo un effetto molto limitato. E' assolutamente sconsigliabile adoperarla in galleria in quanto produce gas deleteri. Ottima, come già detto, per spolette e inneschi e per fuochi artificiali.
Però malgrado attualmente si parli poco della polvere nera come esplosivo da mina, pare che la sua progressività sia insostituibile, in quanto riesce a contenere o ad evitare ripercussioni dannose soprattutto al masso da staccare, il che non sembra ancora ottenibile, nel caso di rocce tenere e fragili, con le nuove tecniche di impiego anche se molto elaborate e calcolate.

MEDIA DELLE CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELLA POLVERE NERA

Densità massima	1,7
Temperatura di decomposizione esplosiva	300°
Temperatura di esplosione	2700°
Calore esplosione in calorie	740
Pressione specifica Atm/Kg.	3250
Volume gas in litri	325
Trauzl cc.	30-40
Sensibilità alla berta da Kg. 2	cm. 70
Velocità detonazione m/s	1400

ANALISI POLVERE NERA

Umidità - Si determina su 5 gr. mantenendo la polvere fino a peso costante nel vuoto su acido solforico o in stufa a 90°.

Nitrato di potassio - G. 5 di polvere si estraggono con acqua calda fino a che non si ha più reazione dell'ac. nitrico nè liquido filtrato. Si evapora la soluzione in capsula tarata e si riscalda cautamente fino ad incipiente fusione. Quindi si pesa. Più spiccio è estrarre il nitrato sempre con acqua calda, su crogiolo tarato; fare asciugare a 70° e pesare. Per differenza si avrà la quantità di nitrato di potassio.

Solfo - Sul residuo si estrae solfo con solfuro di carbonio, si lava con alcool e si secca in stufa a 100° su filtro tarato. Per differenza di pesata si troverà il % dello solfo.

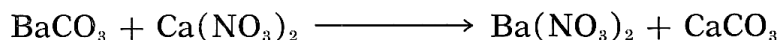
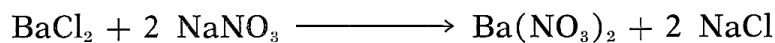
Carbone - Il residuo sarà il carbone che verrà naturalmente pesato calcolando il %.

NITRATO DI BARIO (p.m. 261,38)

Il nitrato di bario [$Ba(NO_3)_2$] è usato più che negli esplosivi da mina, in pirotecnia e nella fabbricazione di certe capsule inossidabili, come si vedrà più avanti nell'apposito capitolo.

Peso specifico = 3,24. Punto di fusione = 592°. Cal. formazione Kcal/Kg = 874. E' alquanto igroscopico.

Si prepara per doppia decomposizione tra cloruro di bario e nitrato di sodio, oppure da carbonato di bario e nitrato di calcio secondo queste reazioni:

$$BaCl_2 + 2\ NaNO_3 \longrightarrow Ba(NO_3)_2 + 2\ NaCl$$
$$BaCO_3 + Ca(NO_3)_2 \longrightarrow Ba(NO_3)_2 + CaCO_3$$

Si presenta in cristalli incolori che col riscaldamento crepitano.

Si è adoperato però anche per esplosivi da mina, il più importante dei quali è stata la *Tonite* di cui riporterò qualche formula:

Componenti	Tonite belga	Tonite con tritolo	N. 1	N. 3
Nitrato Ba	37,6%	40%	40%	68%
Nitrato K	—	—	10	—
Nitrato Na	9,4	—	—	—
Nitrocellulosa	53	50	50	19
Binitrobenzene	—	—	—	13
Tritolo	—	10	—	—

Dinamite alla barite A e B

	A	*B*
Nitroglicerina .	21,74%	20%
Nitrato Ba . .	65,21	70
Carbone legna .	13,05	—
Resina	—	10

Baratolo inglese composto da: nitrato di bario 20%; Tritolo 80% adoperato al posto dell'amatolo.

Kynite composta da nitrato di bario 34%; nitroglicerina 26%; farina di legno 40%.

Polvere belga Coopal composta da nitrato di bario 25%; cotone fulminante 72%; resina 4%.

Attualmente si adopera in piccole proporzioni in qualche esplosivo per ricerche geofisiche onde aumentarne la densità.

Analisi chimica.

Alcali - Si scalda all'ebollizione la soluzione di gr. 3 in 100 cc. di acqua, vi si aggiungono 15 cc. di ac. solforico al 10%. Dopo 12 ore di riposo si filtra, si evapora a secco il filtrato e si calcina. Non deve rimanere un residuo superiore a gr. 0,0003.

Cloruri - La soluzione di gr. 1 in 20 cc. di acqua, acidificata con ac. nitrico, con l'aggiunta di sol. di Nitrato d'argento non deve dare opalescenza.

Metalli pesanti - Con soluzione satura di ac. solfidrico non deve dare imbrunimento neppure aggiungendo ammoniaca.

NITRATO DI PIOMBO (p.m. 331,23)

Il nitrato di Piombo [$Pb(NO_3)_2$] si prepara trattando il piombo o l'ossido di piombo con ac. nitrico diluito a caldo:

$$PbO + 2\ HNO_3 \longrightarrow Pb\ (NO_3)_2 + H_2O$$

Peso specifico = 4,5. Punto di fusione 450-470°. Cal. formazione Kcal/Kg = 326°. Non è igroscopico.

Fu usato in passato in varie miscele esplosive. Abbastanza importanti furono:

Macarite composta da: nitrato di piombo 72% e tritolo 28%.

Piombite composta da: nitrato di piombo 76%; trinitronaftalina 16%; siliciuro di calcio 5%; vaselina 3% con un Trauzl di 155 cc.

Yonchite composta da: tritolo 20%; perclorato d'ammonio 20%; nitrato di ammonio 27%; nitrato di sodio 27%; nitrato di piombo 6%.

CLORATO DI POTASSIO (p.m. 122,553)

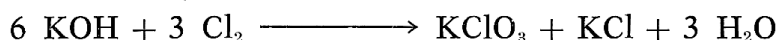
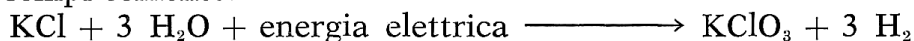
Il clorato di potassio ($KClO_3$) è una sostanza bianca, di sapore salato, solubile in acqua (5%).

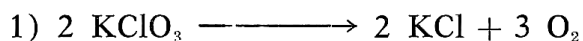
Peso specifico = 2.5. Punto di fusione 320°. Cal. formaz. Kcal/Kg. 750. Non è igroscopico.

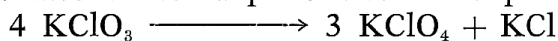
Fu ottenuto da Berthollet nel 1788 facendo agire il cloro gassoso in una soluzione concentrata di potassa caustica a caldo. Nel 1895 il Corbin iniziò la preparazione industriale dei clorati per via elettrolitica fondata sull'elettrolisi dei cloruri di K e di Na in celle senza diaframma. All'elettrodo negativo si prepara il metallo alcalino che, reagendo con l'acqua, forma l'idrossido sviluppando H; l'idrossido reagendo col cloro che si libera all'anodo, forma il clorato:

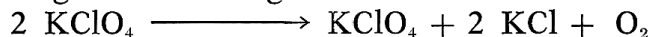
$$6\ KOH + 3\ Cl_2 \longrightarrow KClO_3 + KCl + 3\ H_2O$$

o più semplicemente:

$$KCl + 3\ H_2O + \text{energia elettrica} \longrightarrow KClO_3 + 3\ H_2$$

Si decompone facilmente al calore (325°) con sviluppo di Ossigeno secondo l'equazione:

$$1)\ 2\ KClO_3 \longrightarrow 2\ KCl + 3\ O_2$$

In una prima fase si decompone formando perclorato:

$$4\ KClO_3 \longrightarrow 3\ KClO_4 + KCl$$

ma subito si svolge anche ossigeno:

$$2\ KClO_4 \longrightarrow KClO_4 + 2\ KCl + O_2$$

E', specie allo stato cristallino, sensibile agli urti, le miscele di clorato di potassio con sostanze ossidabili, sono anch'esse sensibili agli urti e possono esplodere per sfregamento. Si adopera, come vedremo più avanti, dato anche l'alto costo, solo per miscele innescanti mescolato a fulminato di mercurio, solfuro di antimonio, ecc. e per fare le Chedditi.

Analisi chimica.

Titolo - Si pesano circa gr. 1 di clorato, si sciolgono in 50 cc. di acqua distillata e si acidifica la soluzione ottenuta con l'acido acetico in modo che se ne senta nettamente l'odore. Si aggiungono allora 1 o 2 gr. di zinco in polvere e si fa bollire per almeno un'ora, rinnovando l'acqua che si evapora, ed avendo cura che la soluzione rimanga sempre nettamente acida per acido acetico. Si lascia raffreddare, si aggiunge ac. nitrico al 36% circa in modo da disciogliere lo Zinco in eccesso e da rendere la soluzione acida per acido nitrico.

Si aggiunge poi la soluzione al nitrato d'argento al 10% a poco a poco finchè non si ha più precipitazione. Si lascia in riposo un po' di tempo e poi si aggiunge ancora qualche goccia di nitrato per assicurarsi della completa precipitazione. Si scalda all'ebollizione in modo da coagulare il precipitato, si lascia raffreddare al riparo della luce e si filtra in crogiolo di porcellana a fondo filtrante, ricoperto da uno strato d'amianto e precedentemente tarato dopo essiccamento in stufa a 130° per almeno un'ora.

Si lascia raffreddare in essiccatoio e si pesa. Si ripete l'essiccamento e la pesata fino a peso costante. Il peso ottenuto meno il peso del crogiolo vuoto dà il cloruro d'argento. Moltiplicando i gr. di cloruro d'argento ottenuti per 0.8550 si ottengono i corrispondenti gr. di clorato di potassio. Quindi si fa la proporzione. Se in 1 gr. di clorato di potassio ho trovato **a** gr. di clorato di potassio in 100 gr. ve ne saranno **x**:

$$1 : a = 100 : x$$

Si ottiene così la percentuale di clorato di K. contenuto nel clorato di K. Il resto sarà dato da impurezze. Sono da ricercare i cloruri, i solfati, il calcio, i nitrati, nei modi già descritti precedentemente.

Al rosso di metile e al tornasole deve avere reazione neutra.

Con soluzione solforica di difenilammina dà la stessa reazione dei nitrati, per cui occorre fare molta attenzione nelle analisi.

CLORATO DI SODIO (p.m. 106,46)

Il clorato di sodio ($NaClO_3$) è un sale analogo al clorato di potassio e si prepara in modo simile a questo, con la differenza che a causa della sua maggiore solubilità in acqua, si prolunga l'elettrolisi finchè il liquido non contiene circa 750 gr. di clorato di sodio per litro: *p.f. = 248°. Peso specifico = 2,48. Calore formazione Kcal/Kg. = 813°. E' igroscopico.*

Il clorato di sodio è molto meno buono del clorato di potassio, e questo, sia perchè tende a decomporsi con maggiore facilità, sia come detto, per la sua notevole igroscopicità anche a temperatura normale. Alcune fabbriche lo usano per il suo modico prezzo, specie per esplosivi di pronto impiego; a parità di peso, rispetto al clorato di potassio, contiene più ossigeno di questo e perciò permette la preparazione di esplosivi più potenti.

Analisi chimica.

Si eseguiscono gli stessi saggi che per il clorato di potassio. Un buon clorato di sodio per Chedditi deve avere le seguenti caratteristiche:

Clorato di sodio . . .	99,50%
Cloruro di sodio . . .	0,05%
Umidità	0,7%
Insolubile	0,04%

Titolo - Lo ione ClO_3 si può dosare per precipitazione dalla soluzione acquosa con acetato di nitron, raccogliendo in crogiolo di Gooch il precipitato, lavando con circa 100 cc. di acqua e seccando a 110°. Moltiplicando per 0,3092 la quantità di clorato di nitron ottenuta, si avrà la quantità corrispondente di $KClO_3$ che moltiplicata per 0,2686 dà la quantità corrispondente di clorato di sodio.

Con soluzione solforica di difenilammina dà la stessa reazione dei nitrati.

ESPLOSIVI A BASE DI CLORATI

I clorati, come pure i perclorati di cui parleremo, essendo sali contenenti molto ossigeno e che facilmente si decompongono, esercitano azione ossidante nelle miscele esplosive e danno all'esplosivo una potenza considerevole dovuta alla forte quantità di calore sviluppata dalla loro combustione. La potenza si accresce ancora se si mescolano con sostanze contenenti molti atomi di carbonio, come per es. carbone, farina di legno, idrocarburi in genere od anche solfo.

La maggior parte degli impasti fatti con clorati, si distinguono dall'eccessiva rapidità della loro combustione; sono dunque esplosivi molto dirompenti, inoltre sono abbastanza sensibili agli urti.

I vecchi esplosivi a base di clorato hanno causato moltissime disgrazie in cui hanno lasciato la vita illustri chimici quali Dautriche, e quindi vanno trattati con molta cautela.

L'azione dell'umidità e del calore fanno variare lo stato fisico di questi esplosivi e possono anche produrre la separarazione di particelle di clorato dalle miscele, il che le rende pericolose; in tal caso conviene rilavorarle e se la decomposizione è già in stato avanzato, distruggerle. Ad evitare separazioni e pericoli, in alcune miscele si tenevano separate le parti solide dalle liquide e si univano solo all'atto dell'impiego.

Questo avveniva per es. nel **Prométhée** composto dall'80% di clorato di potassio e per il resto da ossido di ferro e biossido di manganese come parte solida, mentre la liquida si componeva di mononitrobenzina, olio essenziale di trementina ed eventuale olio di nafta. Nel 1885 nel porto di New York è stato adoperato l'esplosivo **Rach-a-Rock** composto di 79 parti di clorato di potassio e 21 parti di nitrobenzolo.

Un esplosivo detto di sicurezza era la **Cloratite** costituita da una parte solida di grani arrotondati con 90% di clorato di sodio e 10% di biossido di manganese che poi veniva immersa in una miscela composta di nafta e petrolio di solito nelle proporzioni di 88% di grani e 12% di nafta. Non ritengo opportuno dilungarmi su tali esplosivi poichè sono abbandonati da lungo tempo.

Hanno invece ancora importanza le **Chedditi** così chiamate dalla località Chedde (Alta Savoia) in cui furono fabbricati i clorati. Ve ne sono di diversi tipi: in genere però contengono l'80% di clorato di potassio o di sodio, per il resto olii minerali, vaselina, paraffina ed anche mononitronaftalina, dinitrotoluene, ecc. Scopo dei primi componenti è di dare una certa maneggevolezza alla miscela, fornire la sostanza combustibile e proteggere in certo modo il clorato contro l'umidità e renderlo meno sensibile; scopo della mononitronaftalina e del binitrotoluene è di aumentare la potenza dell'esplosivo. Una di tali Chedditi è la **I.S.** composta di $KClO_3$ 90%, paraffina 7%, vaselina 3%.

Al clorato di potassio può essere sostituito quello di sodio, ottenendo un prodotto meno costoso, ma sensibilmente inferiore a causa della sua elevata igroscopicità.

Sono esplosivi stabili a meno che non siano umidi, ma la stabilità diminuisce col crescere della temperatura.

Una cosa molto importante da ricordare è questa: i clorati non

vanno mai mescolati a sali di ammonio, poichè, secondo Marshal, si formerebbe clorato di ammonio che potrebbe esplodere spontaneamente. Escale invece scrive queste testuali parole: « in particolare deve essere ancora dimostrato che, ad evitare la formazione di clorato di ammonio, il quale in miscela con sostanze organiche è estremamente pericoloso, siano assolutamente inamissibili aggiunte di sali di ammonio ».

Le **Chedditi** di produzione nazionale hanno ad un dipresso, le seguenti formule:

Componenti	Cheddite OS	Cheddite O extra	Cheddite gelatina
Clorato di sodio	90%	79%	75%
Vaselina e paraffina . . .	10	—	—
Dinitrotoluolo	—	16	—
Nitroderivati del toluolo . .	—	—	23,5
Olio di ricino	—	5	—
Cotone collodio	—	—	1,8
Trauzl cc.	300	310	330
Colore	giallo paglierino	bianco	marrone

La sensibilità alla berta da Kg. 2, varia, per le tre qualità, da un minimo di 32 cm. ad un massimo di 37 cm.

Le temperature di riscaldamento all'impasto sono di 80° per la Cheddite OS, usata anche per caricamento di bombe a mano e da aviazione; di 63° per lo O Extra e di 55° per la gelatina.

Altri tipi ne sono stati fabbricati in questi ultimi anni sia polverulenti che gelatinosi.

Fabbricazione delle chedditi - Il clorato deve essere essiccato a 80°, macinato in modo da poterlo setacciare su di una rete avente 200 maglie per cm^2.

La macinazione si può fare mediante una macchina consistente in due laminatoi, uno superiore con tanti riporti esterni e uno inferiore composto di due cilindri lisci. Sotto questi cilindri vi sono due spazzole che servono a pulire la rete sottostante da 200 maglie per cm^2.

Il clorato, appena macinato, viene portato in una impastatrice ribaltabile del tipo Werner, cioè con due eliche interne giranti in senso contrario (vedi fig. 94) o di tipo planetario (fig. 72). L'interno dell'impastatrice è in bronzo, o in acciaio inossidabile, l'esterno ha una doppia intercapedine per la circolazione dell'acqua calda e fredda.

Quando è necessario distruggerle, è sufficiente metterle in acqua che non serva o da irrigazione poichè i clorati sono diserbanti o per usi domestici.

Oltre a quelli già citati, esplosivi al clorato se ne sono messi in

commercio moltissimi, alcuni anche molto simili alle polveri nere. Ne citerò, a titolo di curiosità alcuni:

Polvere di Berthollet: Clorato di potassio 75%; solfo 12,50%; carbone di legna 12,50%.

Polvere verde: clorato di potassio 39%; acido picrico 19%; prussiato giallo di potassio 14,3%.

Romite: clorato di potassio 39%; nitrato ammonico 49%; naftalina o paraffina 12%.

Britainite: clorato di potassio 72%; nitrato ammonico 20,7%; naftalina 7,3%.

Randite: clorato di potassio 42%; nitrobenzene 15%; biossido di manganese 43%.

Cheddite inglese: clorato di potassio 78%; tritolo 2%; mononitronaftalina 15%.

Esplosivi Street o Chedditi: A) clorato di potassio 79%; olio di ricino, vaselina o paraffina 5%; mononitronaftalina 1%; dinitrotoluene 15%. **B)** Clorato di potassio 80%, olio di ricino, vaselina o paraffina 5%; mononitronaftalina 13%; dinitrotoluene 2%. **C)** Clorato di potassio 80%; olio di ricino, vaselina o paraffina 8%, mononitronaftalina 12%. Questi esplosivi furono preparati con clorato ottenuto per via elettrolitica.

Pirodialiti: a base di clorato di potassio dal 30 all'80%, nitrato sodico-potassico, catrame, carbone vegetale, bicarbonato sodico e ammonico.

Tali esplosivi furono brevettati insieme ad altri alla fine del 1800 e molti abbandonati; si noterà che qualcuno di tali esplosivi ha clorato e nitrato ammonico risultati poi incompatibili.

Nella prima metà del 1900 nc furono brevettati moltissimi altri, tra cui:

Polvere Fuchs composta di un miscuglio di clorato di potassio, carbone di legna, solfo e nitrato di potassio.

Esplosivi tipo Sprenghel conosciuti col nome di Donar comprendenti una sostanza combustibile liquida: mononitrobenzene 80%; essenza trementina 20%, che funziona da combustibile e una sostanza polverulenta: clorato di potassio 70%; permanganato di potassio 30% che funziona da combustibile.

Storite: clorato di potassio 70%; bitume 30%.

A questi esplosivi se ne possono aggiungere moltissimi altri che sono presso a poco formati dagli stessi componenti, ma che prendono nomi diversi e che ormai sono ben poco usati.

Sono invece, come ho detto sopra, usate le Chedditi, tra cui il **Plastigel 1° e 2°** a base di clorato di sodio, binitrotoluolo, cotone collodio, pentrite, tritolo, la **Cheddite gelatina,** la **Cheddite O Extra** e la **Cheddite O.S.**

Riporterò una tabella di esplosivi francesi al clorato ricavata da: « Les substances explosives et leurs nuisances » edito nel 1969 a Parigi da Dunot.

TABELLA 49

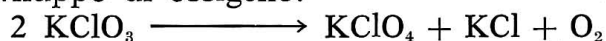
Nome	Composizione	Densità di incartucciamento	Velocità detonazione	Coefficiente di utilizzazione pratica
O N.5	Na ClO_3 . . 79% Dinitrot. . . 16% Olio ricin. . 5%	1,40	2600 m/s	86
O N.5A	$NaClO_3$ . . 77% Dinitrot. . . 23%	1,40	3000 m/s	87
O N.6B	$KClO_3$ . . 90% Paraffina . . 7% Vaselina . . 3%	1,30	—	72

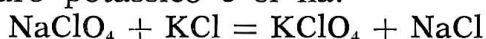
In Spagna gli esplosivi al clorato vengono chiamati **Trinolita.**

(Per le analisi delle chedditi vedi pag. 374).

PERCLORATO DI POTASSIO (p.m. 138,553)

Il perclorato di potassio ($KClO_4$) si ottiene misto al cloruro di potassio quando si scalda il clorato di potassio alla fusione, dopo la prima fase di sviluppo di ossigeno:

$$2\ KClO_3 \longrightarrow KClO_4 + KCl + O_2$$

e si prepara poi dal cloruro perchè quest'ultimo è molto più solubile in acqua. Industrialmente si ottiene per via elettrolitica partendo dal cloruro di sodio. Da questo, elettricamente, si passa al clorato di sodio che è in soluzione concentrata e fredda. Per nuova elettrolisi e mantenendo la temperatura bassa, mediante appositi refrigeranti, il clorato di sodio addiziona un nuovo atomo di ossigeno, trasformandosi in perclorato sodico ($NaClO_4$). Questo poi viene trattato con soluzione concentrata di cloruro potassico e si ha:

$$NaClO_4 + KCl = KClO_4 + NaCl$$

E' usato negli esplosivi per la sua ricchezza di ossigeno. Il suo potere ossidante però non si esplica che allo stato solido e ad alta temperatura. E' più stabile del clorato, e perciò sviluppa una combustione meno rapida e meno violenta.

Si presenta sotto forma di cristalli rombici, bianchi, pochissimo solubili in acqua. Non esplode se non mescolato a corpi combustibili.

Peso specifico = 2,52. Punto di fusione 610°. Calore formazione Kcal/Kg. 736. Non è igroscopico.

Il perclorato di potassio, nelle stesse proporzioni, rende l'esplosivo meno potente del perclorato ammonico, però ha il vantaggio di non sviluppare cloro durante l'esplosione.

Da prove che ho fatto su diversi esplosivi, ho potuto dedurre che il perclorato di potassio nelle proporzioni del 5-7%, fa aumentare la sensibilità più dello stesso siliciuro di calcio. Il siliciuro però, rispetto al $KClO_4$, fa aumentare il trauzl e, mescolati insieme, come sensibilità, sono inferiori anche al perclorato potassico solo e, come trauzl non vi sono differenze notevoli. Anche per la prova di Hess gli esplosivi a base di perclorato, danno risultati migliori di quelli con siliciuro di calcio e perclorato mescolato insieme.

Queste osservazioni sono state da me riscontrate anche negli esplosivi molazzati.

Analisi chimica.

Qualche volta il perclorato è impuro per clorati, il che per le ragioni esposte precedentemente, può essere pericoloso per la lavorazione. Se le impurezze non superano il 3-4%, il perclorato si può lavorare con discreta tranquillità, ma se questa percentuale viene superata, è bene flemmatizzare nell'impastatrice almeno il perclorato con 1-2% di dinitrotoluolo.

Determinazione dei clorati. (Vedi analisi del clorato di potassio). La prova va fatta almeno su 5 gr.

Determinazione dei titolo. 1 gr. esattamente pesato si polverizza, e mescolato a 5 gr. di nitrato di sodio esente da cloro, si scalda a fusione in crogiolo di nichel, mantenendolo per mezz'ora a questa temperatura.

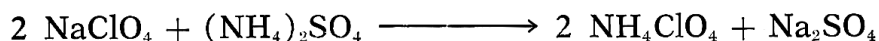
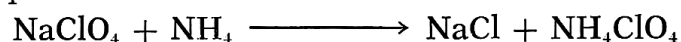
Dopo raffreddamento si scioglie la massa in acqua e si diluisce il liquido a 500 cc. A 100 cc. di questa soluzione, si aggiungono 200 cc. di ac. nitrico diluito; si scalda a bagnomaria fino a svolgimento di vapori rossi e, dopo aggiunta di 5 cc. di soluzione satura di allume ferrico, si titola con sol. decinormale di solfocianuro.

1 cc. di soluzione decinormale di nitrato d'argento è uguale a 0,013856 gr. di $KClO_4$. Inoltre vanno ricercati i cloruri, i solfati, i nitrati e il calcio.

PERCLORATO DI AMMONIO (p.m. 117,5)

Il perclorato di ammonio (NH_4ClO_4) si prepara per doppia decomposizione dal perclorato di sodio e cloruro e solfato ammonico:

$$NaClO_4 + NH_4 \longrightarrow NaCl + NH_4ClO_4$$

$$2\ NaClO_4 + (NH_4)_2SO_4 \longrightarrow 2\ NH_4ClO_4 + Na_2SO_4$$

per cristallizzazione delle soluzioni acquose calde, mentre il cloruro di sodio ed eventualmente il solfato di sodio si preparano prima.

Cristallizza nel sistema rombico ed è isomorfo col perclorato di potassio. E' di colore bianco ed ha un sapore caratteristico. E' più stabile del nitrato ammonico ed è meno igroscopico. Sottoposto al calore fonde, e quindi sviluppa dei vapori. Si decompone assai lentamente e, mentre il processo di dissociazione comincia dai 110° ai 140° C., la decomposizione esotermica si produce a 200° C., con esalazioni fumogene biancastre di ac. cloridrico; per cui negli esplosivi a base di perclorato ammonico occorre aggiungere una quantità calco-

lata di nitrato sodico per fissare il cloro che si sviluppa all'atto dell'esplosione allo stato di cloruro di sodio.

Peso specifico = 1,95. Calore formazione Kcal/Kg. = 820. Non ha un punto di fusione netto, ma riscaldato si decompone.

Infatti le gelatine al binitritoluolo di cui ho precedentemente parlato e delle quali, durante l'ultima guerra ne sono state fabbricate diverse tonnellate per mancanza di nitroglicerina, non mi risulta che in galleria abbiano dato noie serie ai minatori. Io stesso ho presenziato più di una volta a volate in galleria senza risentirne conseguenze. *Occorre, però, ripeto, calcolare il nitrato sodico necessario per la neutralizzazione del cloro.*

Il perclorato di ammonio è preferibile in certi casi al perclorato di potassio, perchè è più sensibile, rende l'esplosivo più potente in ragione del gran volume di gas prodotto, ma ripeto, occorre tener sempre presente il cloro che da esso si sviluppa. Infatti le **Carlsoniti, gli esplosivi Alvisi, le Yonchiti** e molti altri, non hanno mai avuto troppa fortuna per il loro eccessivo sviluppo di cloro.

Bisogna tenere presente anche che il perclorato di ammonio esplode per urto violento, ma trasmette male la detonazione e brucia vivamente a contatto della fiamma.

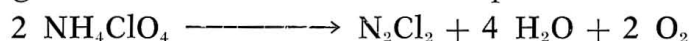
TABELLA 50
SENSIBILITA' ALL'IMPATTO

(apparecchio Julius Peters
in funzione della granulometria e della temperatura del NH_4ClO_4

Sensibilità all'impatto	Perclorato 200 μ	Perclorato 6 μ
a 20° C	1,80 Kgm.	1,32 Kgm.
a 130° C	0,78 Kgm.	0,75 Kgm.

La sensibilità del perclorato aumenta molto se è mescolato ed un prodotto combustibile anche se in piccola quantità ($< 1\%$). Per es. la sensibilità all'impatto del perclorato a 200 μ addizionato del 5% di grasso ordinario è di 0,45 Kgm. e quella del perclorato a 6 μ addizionata dello stesso prodotto è di 0,39 Kgm. (Da « Le substances explosives et leurs nuisances », CALZIA).

Secondo gli ultimi studi la sua decomposizione teorica sarebbe:

$$2\ NH_4ClO_4 \longrightarrow N_2Cl_2 + 4\ H_2O + 2\ O_2$$

Praticamente però si forma, come riferisce Beyling, anche l'acido

cloridrico allo stato gassoso, dannoso all'organismo secondo la reazione:

$$4\ NH_4ClO_4 \longrightarrow 2\ N_2 + 4\ Cl + 6\ H_2 + 5\ O_2$$

Ed ecco il motivo per cui occorre mescolarlo al nitrato sodico per il fissaggio del cloro.

Alcuni sostengono che usando il nitrato sodico o potassico si potrebbe formare, per doppia decomposizione, nitrato ammonico; in tal caso il miscuglio diventerebbe igroscopico.

Io però ho potuto constatare, almeno per gli esplosivi gelatinosi, a base di perclorato d'ammonio, che se l'impasto è fatto bene, questa specie di decomposizione non comincia ad avvenire che dopo almeno un anno in misura però molto blanda.

Ad ogni modo è buona norma che questi esplosivi vengano adoperati non molto tempo dopo la loro fabbricazione, e che i componenti solidi, specialmente il perclorato e il nitrato, siano adoperati setacciati molto fini, come del resto si verifica per le Chedditi.

Analisi chimica - L'analisi chimica è identica a quella del perclorato di potassio.

TABELLA 51

SERIE DEI SETACCI ITALIANI ED ESTERI

N = Numero - a = apertura netta in mm. - b = maglie in cm²

Serie U. S. A.		
U.S.B.S. Mesh	A.S.T.M. Micron	maglie per cm²
3,5	5660	1,9
4	4760	2,7
5	4000	4
6	3360	5,5
7	2830	7,3
8	2580	9,6
10	2000	13,4
12	1680	17,6
14	1410	24,3
16	1190	33
18	1000	45
20	840	62
25	710	83
30	590	116
35	500	158
40	420	220
45	350	301
50	297	425
60	250	575
70	210	800
80	177	1130
100	149	1560
120	125	2200
140	105	3100
170	88	4200
200	74	6200
230	62	8800
270	53	11200
325	44	16130
400	37	

Serie Commerciale Italiana		
N.	a	b
4	5,88	2,07
5	4,60	3,24
6	3,70	4,7
7	3,10	6,3
8	2,65	8,8
10	2,15	13
12	1,75	18,7
14	1,45	25,3
16	1,25	33,3
18	1,10	42
20	1,03	52
25	0,76	81
30	0,61	117
35	0,53	159
40	0,45	207
45	0,41	262
50	0,35	324
55	0,30	392
60	0,28	471
65	0,25	550
70	0,225	635
80	0,195	830
90	0,183	1050
100	0,168	1296
110	0,135	1568
120	0,125	1886
140	0,112	2500
150	0,110	2916
160	0,100	3320
180	0,094	4200
200	0,076	5184
220	0,073	6275
250	0,062	8100
280	0,055	10100
300	0,049	11700
350	0,044	15876
400	0,039	20736

Serie D I N		
N.	a.	b
1	6	1
2	3	4
3	2	9
4	1,5	16
5	1,2	25
6	1,02	36
8	0,75	64
10	0,60	100
11	0,54	121
12	0,49	144
14	0,43	196
16	0,385	256
20	0,30	400
24	0,25	576
30	0,20	900
40	0,15	1600
50	0,12	2500
60	0,102	3600
70	0,088	4900
80	0,075	6400
100	0,06	10000

ESPLOSIVI A BASE DI PERCLORATI

Per gli esplosivi a base di perclorati si possono dire le stesse cose di quelli a base di clorati.

Interessante è che gli esplosivi a base di perclorato di potassio contengono una certa quantità di nitroderivati aromatici (per lo più tritolo) e nitrato ammonico, il quale da una parte diminuisce l'infiammabilità e dall'altra aumenta la pressione dei gas.

Il perclorato di ammonio, a causa della sua sensibilità, per lo più serve come base in alcuni esplosivi e come tale ha grande valore, come già si è detto, a causa del suo contenuto in ossigeno e della sua decomponibilità all'atto dell'esplosione in prodotti gassosi per poter formare degli esplosivi molto potenti.

Non bisogna mai dimenticare che gli esplosivi a base di perclorati, come abbiamo detto per i clorati, vanno sempre fabbricati con prodotti in polvere molto fine. Si avranno così ottimi impasti e si eviterà indurimento.

Nei riguardi dell'impiego pratico, è da osservare che se vi è intervallo anche di pochi millimetri tra le cartucce, non si può contare sulla trasmissione dell'esplosivo.

Esplosivi a base di perclorato ammonico usati in passato, sono:

Nobelite Galleria formata da nitrocellulosa 37%, perclorato di ammonio 34%, nitrato di sodio 24%, binitrotoluene 3%, olio minerale 2%. Ha una temperatura di esplosione di circa 2800° e brucia all'aria libera a circa 130°.

Carlsoniti formati da perclorato ammonico, paraffina, naftalina, dinitrobenzene, carbone di legna, petrolio, zucchero, farina di legno, vaselina e residuati della distillazione del petrolio a seconda dell'uso che se ne doveva fare. Uno di

tali esplosivi era composto di perclorato di potassio 85%, vaselina 15%; un altro di perclorato di potassio 88%, dinitrobenzene 12%.

Yonckiti formati da perclorato ammonico, nitrato sodico, naftalina, nitrato ammonico, trinitronaftalina, ossalato di sodio, picrato ammonico, ossalato ammonico e di calcio.

Esplosivi Alvisi - Comprendevano: **cratiti, nitrocratiti, policratiti, manlianiti, cremoniti** tutte a base di perclorato ammonico, nitroglicerina, picrati, ecc. anche qui a seconda dell'uso che se ne doveva fare.

Chedditi al perclorato: studiate in Francia e composte: una di perclorato ammonico 50% ,nitrato sodico 30%, dinitrotoluene 15%, olio di ricino 5% e un'altra di perclorato ammonico 82%, dinitrotoluene 13% e olio di ricino 5%.

Perdite: Austriaco, composto dal 70% di nitrato ammonico, 10% di perclorato di potassio, 15% di tritolo e 5% di farina di legno.

Gelatine P_1, P_2 e P_3 usate durante l'ultima guerra mondiale in Italia formate da binitrotoluolo, perclorato di ammonio, nitrato sodico, cotone collodio, tritolo, pentrite, nitrato ammonico.

Sevranite A formata di perclorato di ammonio 31%, Pentrite 48%, Dinitrotoluene 18%, alluminio 3% con densità di 1,55, velocità di detonazione 5000 m/s.

Sevranite B formata di perclorato di ammonio 42%, pentrite 42%, dinitrotoluene 16%, con densità 1,50, velocità detonazione 4500 m/s, coefficente di utilizzazione pratica 138.

SILICIURO DI CALCIO (p.m. 96,20)

Il siliciuro di calcio ($CaSi_2$) è un prodotto grigiastro polverulento. Si ottiene trattando nel forno elettrico, la seguente miscela:

64 parti di carburo di calcio
120 parti di silice
24 parti di carbone

$$CaC_2 + SiO_2 + 2\ C = 4\ CO + CaSi_2$$

oppure riscaldando al forno elettrico una miscela di silicio, ossido di calcio e carbone:

$$2\ Si + CaO + C \longrightarrow CaSi_2 + CO$$

Il siliciuro tecnico contiene sempre un pò di carburo di calcio per cui spesso se ne sente l'odore.

ANALISI CHIMICA

Il siliciuro di calcio si può riconoscere trattandone un poco, con precauzione, in una capsula di porcellana con ac. cloridico al 20%. L'idrogeno silicato che si svolge, si accende spontaneamente all'aria con leggero scoppiettio.

Determinazione dell'umidità. Gr. 5 si portano a peso costante in stufa a 100°. L'umidità non deve essere superiore al 0,5%.

Ricerca dei carburi. Gr. 10 di siliciuro di calcio riscaldati leggermente con acqua non debbono svolgere acetilene, riconoscibile dall'odore caratteristico. Quando si avessero dubbi, si può avvicinare una fiamma ai gas che si svolgono operando con molta precauzione e con gr. 1 di siliciuro.

OSSERVAZIONI SUGLI ESPLOSIVI CON SILICIURO DI CALCIO

Il siliciuro di calcio si può aggiungere negli esplosivi da mina per diverse ragioni:

a) per aumentare la sensibilità

b) per aumentare la temperatura di esplosione

c) per aumentare il trauzl

d) per aumentare la velocità di detonazione

Da moltissime prove che ho eseguito e raccolto, ho potuto constatare questo fatto: *il siliciuro di calcio gode di tutte le proprietà sopra descritte soltanto se aggiunto all'esplosivo almeno nella proporzione del 5%. In proporzioni minori non dà alcun giovamento.*

Un fatto che ho constatato per gli esplosivi molazzati è questo: se noi fabbrichiamo un esplosivo aggiungendo il siliciuro di calcio dopo la molazzatura si ottiene una distanza di colpo inferiore a quella che si ottiene se noi lo molazziamo insieme all'esplosivo; questa differenza varia costantemente di 2 cm.

Un altro fatto interessante esclusivamente dal lato tecnico, è che tutti gli esplosivi con $SiCa_2$, emettono gas ammoniacali e qualche volta odore di carburo di calcio: la silice poi intacca molto le macchine incartucciatrici in quanto esercita una specie di smerigliatura. Ho potuto constatare che il rapporto dei consumi dei bocchettoni di ottone o di alluminio dello spessore di 2 mm. tra l'incartucciamento degli esplosivi con alluminio e quelli con siliciuro di calcio è di 1 a 5. E così dicasi delle coclee che spingono l'esplosivo nei bossoli di carta.

Il siliciuro di calcio quindi, possibilmente è bene non adoperarlo, e sostituirlo o con perclorato di potassio, o meglio ancora con polvere di alluminio.

In proposito ritengo interessante riportare questa tabella di sensibilità da me compilata durante le prove eseguite:

Formula esplosivo		Esplosivo non molazzato	Molazzato
Tritolo	20%	Prova berta 2 Kg. cm. 70	cm. 40-50
Farina legno	5%		
Perclorato di potassio . .	15%		
Nitrato ammonico . . .	60%		

Sensibilità alla Berta con peso di 2 Kg.

Aggiunta siliciuro	Esplosivo non molaz. Sensibilità alla berta	Molazzato 30'	Agg. siliciuro dopo molazz.
Gr. 5 su 100 gr.	cm. 60-70	cm. 30-40	cm. 20-30
Gr. 10 su 100 gr.	cm. 40-50	cm. 20-30	cm. 20-30
Gr. 15 su 100 gr.	cm. 50	cm. 20-30	cm. 20-30

Da questa tabella si deduce che non è prudente aumentare troppo la percentuale di siliciuro, poichè si potrebbero avere seri inconvenienti, specialmente per gli esplosivi molazzati. E' assolutamente sconsigliabile negli esplosivi alla nitroglicerina.

ALLUMINIO (p.m. 26,97)

L'alluminio in polvere che si adopera per le dinamiti viene tagliato, mediante cesoie a leva, da lamiera di alluminio, quindi sottoposto, per mezzo di pestelli, ad una triturazione più minuta fino ad ottenere un prodotto finissimo per cui è molto caro.

Si è calcolato che il numero di laminette dello spessore di 10 μ contenuto in un grammo, è di 3,6 milioni; un gr. di polvere di 0,6 μ di spessore può occupare 14300 cmq. di superficie.

Questo prodotto deve venir usato con olii minerali per impedire che formi ammassi duri.

Bisogna tenere presente che, durante la preparazione, la polvere di alluminio dà origine spesso ad esplosioni, dovute a scintille, urti e a cause chimiche e fisiche, e particolarmente ad un fenomeno di ossidazione e di elettrizzazione. I mulini di triturazione quindi non devono contenere metalli che con l'urto formino scintille.

Si è constatato che tale polvere, durante la manipolazione, si elettrizza molto facilmente per sfregamento, potendo dar luogo ad incidenti e ad esplosione. Inoltre diventa pericolosa a contatto dell'acqua o dell'aria umida, perchè avidissima di umidità che l'assorbe con svolgimento di calore. Si conserva e si trasporta quindi in recipienti perfettamente stagni. Attualmente si trova in commercio dell'*alluminio atomizzato* che pare molto più sicuro di quello comune.

Di conseguenza, sia durante la pesatura, sia mentre si versa la polvere di alluminio nell'impastatrice, lavoro che deve essere fatto attentamente, è bene introdurre dentro al recipiente in cui si immette la polvere e in quello da cui si preleva, un bastoncino di rame o di alluminio collegato a terra. In tal modo la polvere si scarica dell'elettricità che contiene. E' ovvio che tutte queste norme si devono osser-

vare anche durante la fabbricazione dei vari esplosivi bellici subacquei tipo tritolital, tritonal, ecc.

Analisi chimica.

Le analisi chimiche che abitualmente si fanno sulla polvere di alluminio, sono le seguenti:

Umidità - Si determina mettendo in un pesafiltro tarato gr. 2 di alluminio in polvere. Dopo averlo pesato esattamente, si mette in stufa a 100° e si porta a peso costante. La differenza dei due pesi ci darà l'umidità.

Titolo - Si pesano gr. 0,06-0,07 circa di alluminio asciutto in polvere, si introducono nell'apparecchio a svolgimento di gas di un azotometro di Lunge che contiene già 15-20 cc. di NaOH 2N (vedi fig. 37).

Quando si è constatata la perfetta tenuta dell'apparecchio, si fa cadere il tubicino nella soda. Si svolge vivacemente l'idrogeno secondo la reazione:

$2\ Al + 6\ NaOH = 2\ Al\ (ONa)_3 + 3\ H_2$; $3 \times 22{,}422 = 67{,}236$ (litri che i gr. di molecola di gas occupano a 0° e 760 mm.).

$2 \times 26{,}97$ (p.m. Al) $= 53{,}94$

$53{,}94 : 67{,}236 = x : V$ (vol. gas letto a 20° e 760 mm.).

$$x = \frac{V \times 53{,}94}{67{,}236} = V\ 0{,}000802$$

Questo idrogeno che si sviluppa si raccoglie su KOH al 23%. Dopo 3/4 d'ora la reazione è terminata. Si lascia in riposo per altre due ore, indi si legge il volume del gas, la temperatura e la pressione.

Il volume di gas si riporta a O° e 760 mm.

$$P.V = R\ T$$

$$P.V = \frac{Po\ Vo\ T}{273}$$

$$273\ P\ V = PoVoTo$$

$$Vo = \frac{273\ PV}{PoT}$$

P = pressione ambiente

Po = pressione normale

Vo = volume letto

T = temperatura assoluta (273+T)

Poi si moltiplica per il fattore di trasformazione 0,004011. Dividendo per il peso della sostanza e moltiplicando per 100 si ha la percentuale di alluminio che varia da 80 a 88%.

OSSERVAZIONI SUGLI ESPLOSIVI CONTENENTI ALLUMINIO

L'alluminio si ossida facilmente sviluppando un'enorme quantità di calore che lo porta all'incandescenza; si può dunque considerare come un combustibile accessorio con la particolarità che non sviluppa prodotti gassosi, ma aumenta la temperatura, e, in conseguenza, il volume dei gas prodotti dagli altri costituenti. Questo metallo quindi è un acceleratore delle reazioni esplosive aumentando la velocità di reazione a causa dell'elevarsi della temperatura di esplosione.

Per le ragioni suesposte, l'aggiunta di alluminio in un esplosivo fa crescere il Trauzl. Però ho potuto constatare che, in pratica, l'aggiunta di alluminio non procura che un leggero accrescimento del lavoro utile negli esplosivi da mina: questa anomalia sembra risultare o da un

rammollimento che subisce il blocco di piombo a causa della temperatura molto alta prodotta dall'alluminio, ciò che dà un volume superiore al normale, o dal raffreddamento molto rapido che fa perdere quasi tutto il vantaggio dell'alta temperatura e, se si osserva che la sostituzione del nitrato ammonico con l'alluminio riduce molto il volume specifico dei gas, si riconosce che l'effetto dell'alluminio perde molto della sua importanza. Secondo Tonegutti invece si deve al fatto che l'aumentata temperatura contribuisce essenzialmente a far ritardare la caduta della pressione, dando quindi modo ai gas di prolungare l'azione di spinta.

Secondo esperienze di Bichel da me controllate, ho potuto constatare che il 3% di alluminio, negli espolsivi al nitrato ammonico, migliora nettamente la detonazione, cosa che invece non succede, come abbiamo visto, per il siliciuro di calcio di cui ne occorre almeno il 5%.

Il difetto dell'alluminio, come ho già avuto occasione di dire in altra parte di questo libro, è questo: che avendo tendenza ad ossidarsi, dopo un po' di tempo, fa diminuire la potenza dell'esplosivo. Questo fatto si verifica soprattutto negli esplosivi polverulenti.

Aggiungendo in uno stesso impasto alluminio e perclorato di potassio, si ottengono, per ciò che riguarda distanza di colpo, ottimi risultati, molto superiori ai miscugli siliciuro di calcio e perclorato di potassio. Ho notato però che tali esplosivi sono di pronto impiego poichè, per le ragioni suddette, con l'andare del tempo, si hanno sempre rendimenti inferiori e molte volte si nota un po' di indurimento nelle cartucce, per cui, prima di adoperarle, occorre rammollirle con le mani.

Per ciò che riguarda la loro lavorazione è bene che durante l'impasto, sia degli esplosivi da guerra che da mina, il locale sia asciutto, poichè nell'aria si sperde una forte quantità di alluminio in polvere.

Tra gli esplosivi con alluminio si possono ricordare, oltre agli esplosivi bellici, anche gli:

Ammonals del chimico tedesco Roth già accennati tra gli esplosivi al nitrato ammonico. Tali esplosivi in Svizzera sono chiamati: **Telsit** e in Belgio **Sabulite.**

Ecco alcune composizioni:

	Austria			Germania		
	%	%	%	%	%	%
Nitrato ammonico	90	88	80	95	85	93
Alluminio polvere	4	8	18	3	9	3
Carbone legna	6	4	2	2	3	—
Bicromato di potassio	—	—	—	—	3	3
Tritolo	—	—	—	—	—	4

Queste formule smentirebbero in parte la constazione di Bichel e quella di altri e cioè che gli esplosivi da mina con oltre il 3% di alluminio non darebbero buon risultato producendo il così detto doppio colpo e un esiguo lavoro.

Ed ora già che abbiamo parlato degli esplosivi contenenti alluminio, ritengo, a titolo di curiosità, fare un cenno sulle **esplosioni subacquee** in quanto in tutti gli esplosivi subacquei per uso bellico, ora viene messo 'alluminio.

ESPLOSIONI SUBACQUEE

A proposito degli esplosivi subacquei, i lettori ricorderanno di aver letto (nelle pagine precedenti) che esistono degli esplosivi bellici appositamente fabbricati per le esplosioni subacquee come il *Tritonal, il Tritolital* e il *Torpex.*

Onde chiarire meglio i concetti sopra accennati circa l'influenza dell'alluminio su alcuni esplosivi, ne spiegherò un po' il meccanismo.

I fenomeni che si verificano nelle esplosioni subacquee, sono completamente diversi da quelli che si manifestano nell'aria a causa della diversa compressibilità e densità del mezzo, infatti la densità dell'acqua è 773 volte superiore a quella dell'aria.

Una carica che scoppi sott'acqua, inizialmente raggiunge pressioni altissime e velocità molto superiori a quelle del suono nell'acqua, si parla cioè di 100000 atmosfere e di 1400 m/s come velocità. In qualsiasi punto giunga l'onda d'urto, dall'origine, la sua velocità cala in tempo brevissimo unitamente alla pressione.

Eseguito lo scoppio, dopo la generazione dell'onda d'urto, comincia un altro fenomeno: i gas di esplosione si espandono comprimendo l'acqua, e questo tempo è molto superiore al precedente. Quando la somma delle pressioni atmosferiche e di quelle idrostatiche diviene inferiore alla pressione gassosa, il movimento di espansione si arresta ed inizia una compressione con velocità crescente, finchè la pressione del gas produce una seconda espansione. Questo fatto può prodursi moltissime volte mentre la bolla gassosa si avvicina sempre più alla superficie dell'acqua diminuendo ad ogni espansione, per cui praticamente quella che conta è la prima.

L'energia dell'onda d'urto, appena generata, secondo studi fatti, è circa la metà dell'energia termica che l'esplosivo può liberare; quando l'energia dell'onda d'urto si è allontanata di una distanza pari a quattro volte il raggio della carica esplosiva, perde il 30%, mentre il 50% dell'energia viene perduto quando l'onda si è allontanata di una distanza pari a 25 volte il raggio della carica.

Il rimanente 50% dell'energia totale liberata dall'esplosione, viene suddiviso tra gli altri movimenti della bolla di gas, la cui prima espansione raggiunge al massimo un quinto del calore raggiunto nell'onda d'urto. In superficie, quando la carica esplode a poca profondità, l'acqua forma una specie di cupola prodotta dall'arrivo delle onde d'urto e un anello di acqua scura si allontana dal centro.

Dopo un po' di tempo, a seconda della profondità in cui è avve-

nuta l'esplosione, giunge alla superficie la bolla gassosa e forma una colonna di schiuma che sarà tanto più bassa, quanto superiore sarà la profondità dello scoppio.

Circa i danni provocati da una esplosione subacquea, questi sono più gravi se il movimento della bolla gassosa la conduce vicino all'oggetto prima di giungere in prossimità della superficie. I danni sono anche maggiori quando l'oggetto (per es. un sottomarino) è pieno d'aria, in quanto le pareti vengono sottoposte ad una differenza di pressione più forte, dato che l'acqua, come detto sopra, è molto più densa dell'aria.

Nella seconda guerra mondiale, in considerazione della rapida perdita di energia dell'onda d'urto con l'allontanarsi dall'origine, sono state usate le miscele esplosive con alluminio: *tritonal, tritolital, torpex,* già prima accennate, che danno reazioni esotermiche dietro l'onda esplosiva, in modo che, se anche l'onda d'urto rimane indebolita, come dice anche Tonegutti, l'onda di pressione viene notevolmente esaltata e prolungata nel tempo, in modo da produrre buoni effetti anche a notevole distanza e coloro che hanno combattuto la guerra sottomarina, ne possono fare fede.

ASSORBENTI INERTI

Tra gli assorbenti inerti vanno segnalate: **la farina di legno, quella di grano** e la **farina fossile.**

La qualità di un buon assorbente si può misurare dalla proporzione del liquido che può trattenere per capillarità, senza pericolo di essudazione e questo naturalmente per gli esplosivi gelatinosi in genere, nelle condizioni di conservazione e di impiego. Nobel, a suo tempo, ha trovato che il miglior assorbente della nitroglicerina è la farina fossile o di Tripodi o di Kieselgur che dir si voglia e di cui parlerò brevemente, ma che ora per gli esplosivi non si adopera quasi più o per lo meno in proporzioni minime. Altri discreti assorbenti, adoperati in scarse proporzioni a causa specialmente della loro deficienza di ossigeno, sono la farina di legno e quella di grano, adoperata, la prima abbastanza frequentemente negli esplosivi gelatinizzati ed ora anche in quelli polverulenti molazzati e non molazzati.

La farina di legno per tali usi deve essere abbastanza fine, possibilmente non di conifere. Essa fa aumentare, a causa del suo alto numero di atomi di carbonio, il trauzl, poichè il suo calore di formazione è di 800 calorie, ma fa diminuire la densità a causa della sua leggerezza. *Occorre tener ben presente che negli esplosivi polverulenti è sconsigliabile mettere la farina di legno nelle impastatrici a caldo in quanto vi è pericolo di incendio.*

La farina di grano viene adoperata più raramente al posto della farina di legno presentando il vantaggio di far diminuire di meno la densità e di essere più incorporata dalla nitroglicerina. In Italia non è più usata da molto tempo.

La farina fossile è una sostanza polverulenta molto leggera, per lo più bianca giallastra, infusibile, cattiva conduttrice del calore, resistente agli agenti chimici, viene intaccata solo dall'ac. fluoridrico. E' molto porosa perchè i gusci sono cavi, infatti una buona farina fossile deve avere un grado elevato di porosità, deve cioè assorbire una quantità di acqua uguale a 4-5 volte il suo peso.

E' costituita da residui fossili di diatomee, organismi vegetali, unicellulari, appartenenti alle alghe. Le diatomee vivono sia nelle acque dolci che in quelle salate e sono costituite da un guscio siliceo. Morta la cellula, il protoplasma viene distrutto e il guscio si depone al fondo ove si accumula col tempo in depositi enormi.

Depositi colossali che si fanno risalire all'epoca quaternaria, al Miocene, al Pleistocene dell'epoca terziaria, si trovano oltre che in Italia, in Francia, in Germania, in Spagna, in Inghilterra, ecc. In Italia sono notevoli i giacimenti del monte Amiata, praticamente sono importanti quelli di Castel del Piano, di Bagnolo, di Abbadia S. Salvatore.

La farina fossile, appena estratta dalle cave, contiene quantità notevoli di acqua, essa viene perciò essiccata o al sole o all'aria o in essiccatoio.

Una buona farina fossile deve avere la seguente composizione:

Silice	94,30%
Ossido di Magnesio	2,10%
Ossido di ferro e alluminio .	1,30%
Sostanze organiche	0,40%
Umidità	1,90%

Tale farina (0,5%) evita, in parte, l'indurimento degli esplosivi polverulenti a base di nitrato ammonico.

Analisi farina fossile.

Umidità - Se ne pesano 3 gr. e si mettono in stufa a 100° in crogiolo tarato pesandola poi fino a peso costante.

Perdita di calcinazione - Se ne bruciano in crogiolo tarato gr. 5 asciutti. Quindi si pesa e si dovrà avere non più del 5-6% di perdita.

Trattamento con ac. solforico - Se contiene molte sostanze organiche con qualche goccia di ac. solforico si annerisce.

Determinazione della sabbia - Ve ne devono essere solo tracce.

ESPLOSIVI MOLAZZATI

FABBRICAZIONE, INCARTUCCIAMENTO, OSSERVAZIONI

Durante la descrizione dei vari esplosivi da mina, ho parlato spesso di esplosivi molazzati per cui ritengo opportuno descrivere come deve essere fatta la molazzatura.

La molazzatura degli esplosivi deve essere fatta con diversi accorgimenti. Le molazze di tipo comune da ulive o da grano (fig. 103)

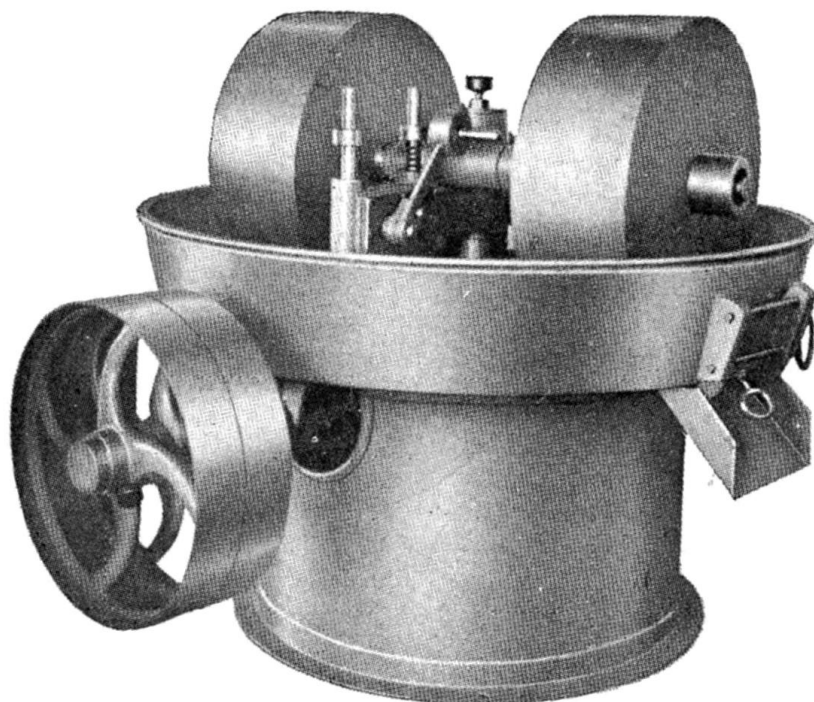



FIG. 103 - Molazza.

possono essere sia in bronzo che in ferro, meglio però in ferro, ma non in pietra, con due o più vomeri in modo che, ad ogni giro, l'esplosivo venga portato sotto le mole manovrabili dall'esterno per motivi di sicurezza, in modo che, durante la lavorazione, nel locale non vi sia nessuno. Per lo scaricamento della molazza, occorre lasciare sul fondo della molazza uno sportello apribile; quando l'esplosivo è pronto per essere scaricato, si ferma la molazza, si entra nel locale, si apre lo sportello, si esce e si rimette in moto la molazza. I vomeri girando faranno uscire dallo sportello l'esplosivo che verrà raccolto in un recipiente.

Il locale deve essere terrapienato e non umido. Il caricamento deve essere fatto in modo da mettere sul fondo della molazza il componente meno sensibile. Per rendere meno sensibile l'esplosivo si può

aggiungere l'1-2% di Dinitrotoluolo. Naturalmente non si devono mettere in molazza esplosivi sensibili come Pentrite, T_4 non flemmatizzati e loro miscele, polveri alla nitroglicerina e nitrocellulosa, clorati, ecc. Il tritolo si può molazzare con discreta sicurezza tenendo sempre presente quanto detto sopra. Naturalmente le molazze per tali lavori, devono essere tenute con la massima pulizia e ben ingrassate. **Per sicurezza le due mole non devono toccare il piano della molazza che, per evitare scintille, si può ricoprire con una spessa lamiera di alluminio; esse devono rimanere sollevate almeno di un mezzo centimetro.** La molazzatura avviene ugualmente, tutto al più si può lasciare sul fondo sempre un piccolo strato di esplosivo, in tal modo le mole non possono fare da berta in quanto non toccano sul fondo. Ai vomeri della molazza è bene attaccare dei pezzi di gomma onde possano con sicurezza pulire il fondo e scaricare l'esplosivo, essi hanno le funzioni di spazzole. Non è consigliabile molazzare la binitronaftalina e sue miscele perchè questi composti tendono ad attaccarsi sul fondo.

Circa il tempo di molazzatura dell'esplosivo si può calcolare in media 25' con mole del peso di 5-8 Q. e 100 Kg. di esplosivo. Le mole devono fare 10-12 giri al 1'.

Con tale lavorazione, per la quale naturalmente occorre molta attenzione, come ho già accennato in vari punti di questo libro, da miscele di poco conto si possono ottenere ottimi esplosivi, poichè tutti i dati balistici migliorano in misura considerevole e, ciò che è più importante, si comportano bene anche all'atto pratico, come ho potuto constatare molte volte. La ragione di questo fatto va ricercata nella compenetrazione, durante la molazzatura, delle molecole dei vari componenti che rendono l'esplosivo anche più omogeneo e quindi di maggior rendimento.

ESPLOSIVI FABBRICATI CON MULINI A PALLE

In alcune nazioni, specialmente dell'Europa Centrale si usa mescolare l'esplosivo in mulini a palle che consistono in grossi recipienti tipo botti, generalmente di legno o di cuoio, girevoli su un asse in cui vengono immesse delle sfere di legno o di bronzo o di materia plastica.

Nell'interno queste specie di botti, molto simili a quelle delle polveri nere, hanno dei risalti per cui, quando girano, fanno cadere le sfere sull'esplosivo che viene così frantumato e rimescolato come fosse molazzato.

Ho fatto diverse prove ottenendo ottimi risultati, ma la macinatura di tali esplosivi è molto più lunga della molazzatura per cui è antieconomica in quanto per avere il risultato che si ottiene con la molazzatura, col mulino a palle occorre un tempo molto più lungo.

ANALISI DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI GELATINOSI

Dato che ogni giorno gli esplosivi che si fabbricano in uno stabilimento è bene siano analizzati a scopo di controllo e di sicurezza e dato che molte volte un esplosivo si deve analizzare a scopo di studio, citerò qualche sistema di analisi semplice, ma che, se fatto bene, può dare ottimi risultati.

Metodo di analisi degli esplosivi gelatinosi

Gli esplosivi gelatinosi che contengono generalmente nitroglicerina, binitrotoluolo, cotone collodio, sali minerali tipo NH_4NO_3, $NaNO_3$, - ClO_4 ecc. possono venire analizzati nel seguente modo:

Determinazione dell'umidità - Si tagliano con un coltello di rame a piccoli pezzi 10 gr. di sostanza e si pongono in un essicatore a cloruro di calcio sotto vuoto. Dopo 12-14 ore si ripesano e dalla differenza si calcola la percentuale di umidità.

Determinazione della nitroglicerina e nitroderivati - Gr. 5 di sostanza previamente essiccata nel modo sopra descritto, si introducono in un ditale di carta da filtro esattamente pesato, in un apparecchio di Soxlet (vedi fig. 52) e si estrae con etere solforico anidro per circa 20 ore. In caso di esplosivi contenenti, oltre nitroglicerina anche Pentrite e T_4, invece dell'etere solforico si adopera l'etere di petrolio per evitare la parziale solubilità della pentrite e T_4 nel primo solvente.

Si fa evaporare l'etere e il solvente in stufa a 60°. La differenza di peso riportata a 100 darà la percentuale dell'esplosivo cercato.

Se si vogliono riconoscere i nitroderivati aromatici, in soluzione acetonica, con qualche goccia di KOH al 10%, si hanno le seguenti colorazioni:

Dinitrotoluolo . . . . colorazione azzurra
Binitronaftalina . . . . colorazione rossa

Determinazione dei sali inorganici - Occorre lisciviare il residuo proveniente dall'estrazione. Il nitrato ammonico e sodico di solito presenti, vengono sciolti completamente. La soluzione si porta a volume e su porzioni aliquote si possono dosare i sali presenti.

Se interessa soltanto la percentuale totale dei sali, si porta la soluzione che li contiene a secco su bagno maria, e, dopo aver asciugato in stufa a 100° fino a peso costante, si pesa.

Nel caso della presenza nell'esplosivo della Pentrite o T_4 si fa un'estrazione con acetone.

Determinazione del cotone collodio - Il residuo, dopo lisciviazione con acqua calda, seccato a 65°, dà direttamente la quantità di cotone collodio. Su di esso si può fare un titolo in Azoto.

Metodo di analisi per gli esplosivi polverulenti e semipolverulenti

Gli esplosivi polverulenti, come abbiamo visto, oltre che composti di nitrato ammonico, nitrato di potassio, nitroglicerina, cotone collodio, T_4, Pentrite, TNT, ecc. possono contenere anche altre **sostanze attive** come siliciuro di calcio, alluminio, biossido di manganese, ecc. o **inerti** come farina di legno o di grano.

Per quanto riguarda la separazione della nitroglicerina, binitroderivati aromatici, cotone collodio e sali minerali, si procede come per gli esplosivi gelatinosi al nitrato ammonico. In presenza di Pentrite o T_4 dopo l'estrazione acquosa dei sali organici su filtro tarato, si procede ad una estrazione con acetone.

Il siliciuro e l'alluminio rimangono nel residuo unitamente alla farina e si

possono separare da questa per trattamento con ac. cloridrico diluito che li distrugge. Si lava accuratamente e si secca. Il residuo è costituito dalla sola farina che poi si pesa e per differenza si ottiene la quantità di siliciuro di calcio o di alluminio. Per sapere poi se trattasi di Pentrite o T_4, basta precipitare con acqua la soluzione acetonica, filtrare, asciugare e fare il punto di fusione del precipitato.

Attualmente, come già detto in altra parte del libro, la maggior parte degli esplosivi polverulenti è composta di Nitrato ammonico e Tritolo per cui l'analisi, come dirò qui sotto, è semplicissima.

RICONOSCIMENTO DI ALCUNE MISCELE ESPLOSIVE E ANALISI

Amatolo - Color giallo o rossiccio, se fatto con nitrato ammonico rossiccio in cui si scorgono cristallini lucenti. Gr. 10 di esplosivo si sciolgono in acqua calda a 50°. Se si vuol fare anche l'analisi quantitativa si filtra su filtro tarato. In questo caso rimane indisciolto il tritolo che viene pesato. Se invece i 10 gr. di esplosivo si lavano con circa 100 gr. di benzolo, rimarrà indisciolto il nitrato che si peserà. Questo, sciolto in acqua e con l'aggiunta di NaOH, con un lieve riscaldamento svilupperà odor d'ammoniaca.

Schneiderite e **Siperite** - Massa di color giallo sporco, senza granelli lucenti. Si opera come per l'analisi dell'amatolo. Sul residuo rimasto sul filtro si eseguisce la determinazione del punto di fusione: se questo è di 138-155°, si è in presenza di sola binitronaftalina (**schneiderite**), se invece è inferiore a 80° trattasi di miscela TNT e BNN (**siperite**).

Ammonal e **Toluolammonal** - Anche queste miscele sono di color giallo sporco, ma in esse si notano lamelle lucenti (alluminio). Per distinguerle l'una dall'altra si trattano 10 gr. di esplosivo con acqua bollente e si filtra. Nel filtrato si opera come per la schneiderite e la siperite. Il residuo rimasto nel filtro, dopo essiccamento, si tratta con benzolo e si filtra. Si evapora completamente il filtrato: se si ha residuo giallo (TNT) è **toluolammonal**; se non si ha residuo giallo si è in presenza di **ammonal.**

Chedditi - Aspetto untuoso; di colore che varia a seconda del tipo. Si trattano gr. 10 di esplosivo con acqua calda. Dopo raffreddamento si filtra e per concentrazione del filtrato si ottengono cristalli bianchi di $NaClO_3$ o $KClO_3$, i quali con ac. solforico conc. si infiammano. Saggiando alla fiamma tali cristalli con filo di platino si avrà colorazione gialla ($NaClO_3$) o violetta ($KClO_3$).

Per l'analisi quantitativa, si estraggono 8-10 gr. di Cheddite con etere etilico in Soxlet, il contenuto del ditale si scioglie in acqua e, dopo filtrazione, si porta in pallone tarato da un litro. A 100 cc. della soluzione si aggiunge un eccesso della soluzione di acetato di nitron, si raccoglie il precipitato su filtro tarato e si secca a 110°. La quantità di sale di nitron trovata, moltiplicata per uno dei fattori seguenti:

$KClO_3$ = 0,3092
$NaClO_3$ = 0,2686
$NaClO_4$ = 0,2970
NH_4ClO_4 = 0,2849

dà il contenuto in clorato o perclorato.

TABELLA 52

ESPLOSIVI EUROPEI - CARATTERISTICHE MEDIE
(Da Explosivstoffe - Mannheim)

	Calore Q°	Potenz. P	Volume V°	Temp. °C	Forza f	Dirom. f V △ (x 10⁶)	Veloc. max V	Blocco cm³	Pendolo %	Schiac. Hess mm
Gelatinosi % NGL										
92-94	1.560	660	720	4.500	13.600	160	7.600	550	100	35
56-66	1.300	550	800	3.650	12.400	120	6.900	490	95	30
36-42	1.200	510	830	3.300	11.800	105	6.500	440	88	25
20-26	1.020	440	860	3.000	10.500	88	6.000	400	85	20
Polverulenti Tipo										
Super	1.050	460	950	3.000	10.500	60	5.000	400-500	85	20
Normali	950	410	950	2.500	9.500	42	4.000	360-450	82	16
Economici	900	380	950	2.400	8.500	30	3.200	350-420	78	12
Cloratato medio	1.100	480	350	4.300	7.200	40	3.500	310	70	—
Antigrisoutosi Classe										
I	650	270	600	1.700	5.000	24	4.000	200	50	10
II	500	210	400	1.400	3.500	10	2.000	120	40	8
III	300	140	400	—	3.000	5	1.500	80	30	4
III trasm.	110	50	200	—	600	1	1.500	20	10	4

PARTE QUARTA

ESPLOSIVI DIVERSI

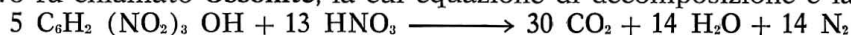
CAPITOLO PRIMO

ESPLOSIVI DIVERSI

MISCELE A BASE DI ACIDO NITRICO

Per tali esplosivi si è utilizzato l'acido nitrico fumante rosso contenente più del 95% di ac. nitrico.

Sprengel fu il primo nel 1871 a studiare tali esplosivi impiegando come combustibili molti derivati nitrati della serie aromatica e specialmente l'acido picrico con un titolo vicino al 58% e il mononitrobenzene ad un titolo del 28%. L'esplosivo fu chiamato **Ossonite**, la cui equazione di decomposizione è la seguente:

$$5\ C_6H_2\ (NO_2)_3\ OH + 13\ HNO_3 \longrightarrow 30\ CO_2 + 14\ H_2O + 14\ N_2$$

Nel 1884 il tedesco Hellhoff propose una miscela contenente in peso 2/3 d'acido nitrico e 1/3 di dinitrobenzene impastata con farina fossile. Tale esplosivo fu chiamato **Hellhoffite.**

Durante la prima guerra mondiale fu sperimentata per il caricamento di bombe di aereo la **Hellite** che conteneva 1,7 in Volume di ac. nitrico per 1 volume di miscela mononitrobenzene-mononitroxilene.

Altri esplosivi del genere sono la **Dicketite 13** che contiene il 63% di ac. nitrico, il 24% di monitrobenzene e il 13% di acqua.

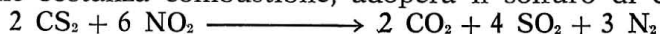
Tali esplosivi sono meno potenti di quelli al perossido d'azoto, e meno sensibili. Inoltre l'acido nitrico non gela che a —41° C e la tensione di vapore è molto inferiore a quella del Perossido d'Azoto.

ESPLOSIVI A BASE DI PEROSSIDO DI AZOTO

Il perossido d'azoto N_2O_4 fonde a —10° e bolle a 21° C alla pressione atmosferica. E' un energico ossidante che intacca tutti i metalli all'infuori dell'alluminio e dell'acciaio inossidabile.

Mescolato ad una sostanza combustibile, può dar origine a potenti esplosivi chiamati **Panclastiti.**

Turpin, come sostanza combustibile, adopera il solfuro di carbonio:

$$2\ CS_2 + 6\ NO_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 4\ SO_2 + 3\ N_2$$

ma questo presenta troppi pericoli.

Si sono preferiti gli idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xilene). Le proporzioni sono 2/3 di perossido d'azoto e 1/3 di combustibile oppure di etere di petrolio e perossido d'azoto nella proporzione di 2 a 1.

Tali esplosivi hanno la stessa potenza di quelli alla nitroglicerina raggiungendo velocità di oltre 7000 m/s.

Attualmente non vengono usati per la loro alta sensibilità. Sono stati provati nelle bombe da aereo.

Pascal dice per es. che col 21% in peso di essenza leggera la velocità è di 7100 m/s e col 35% in peso di nitrobenzene, raggiunge i 7650 m/s.

Quando il perossido è congelato, effettuare le miscele è molto difficile, per cui si sta studiando di abbassare il punto di congelamento del comburente. E' stata provata anche una miscela, sempre per bombe da aereo, di perossido d'azoto 71% e nitrato di metile 29%.

CAPITOLO SECONDO

ESPLOSIVI MILITARI DI SCOPPIO E LORO IMPIEGO

Gli esplosivi militari di notevole interesse attualmente non sono molti. La stessa Gomma A una volta molto usata specialmente dal Genio, è ora quasi dimenticata.

Sono invece molto adoperati il Tritolo, il T_4, la Pentrite, il Tetritol, il picrato di ammonio e le loro miscele che ho ricordato e descritto nelle pagine precedenti quali l'Amatolo, la Composition B, le Pentriniti, la Tritolite, il Tritolital e Tritonal contenenti polvere di Alluminio adoperati specialmente per armi subacque, il Picratol, ecc. Anche la polvere nera contenuta negli Shrapnels ormai appartiene al passato.

Nei paesi dell'occidente possiamo suddividere il munizionamento a grandissime linee nel seguente modo:

1) **Proiettili di artiglieria ordinari di calibro molto piccolo** - Sono caricati generalmente per compressione a densità molto elevate con T_4 o Pentrite flemmatizzati o con Tritolo. Molti sono muniti di traccíatori e di spoletta molto sensibile.

2) **Proiettili perforanti** aventi una carica di scoppio che arriva all'1-2% del peso del proiettile. Questi proiettili che hanno come caratteristica principale una fortissima velocità, sono caricati a T_4 o Pentrite flemmatizzati oppure a Compound B o a Tritolite. La forte velocità e la loro ogiva molto appuntita permette loro di perforare corazze di discreto spessore, mentre l'azione esplosiva ha un'importanza secondaria.

3) **Proiettili ordinari di artiglieria** - Si caricano generalmente per fusione con Tritolo, Amatolo, Composition B o Tritolite facendo in modo, con opportuni accorgimenti, che non si formino caverne o porosità. La carica di scoppio pesa circa, come già detto, il 10% del peso totale del proiettile.

4) **Proiettili anticarro e razzi anticarro** - Con questi proiettili la cui

ogiva è munita di una campanella generalmente di rame a carica cava che sfrutta l'effetto Munroe-Neumann (vedi pag. 267), si possono perforare con cariche anche inferiori al Kg., delle corazze dello spessore di 10, 20 e anche 30 cm. mettendo fuori uso carri armati di notevole mole. L'esplosivo per tali cariche deve essere, come già detto, ottimo e cioè o Composition B o Pentolite o T_4 flemmatizzati. Col T_4 plastico si sparano proiettili a testa plastica che riescono a demolire le pareti posteriori delle corazze con 10-20 cm. di spessore con effetti molti appariscenti ma senza perforazione.

5) **Armi subacquee** - L'involucro contenente la carica esplosiva in queste armi (teste di siluro, bombe torpedini di profondità, mine subacquee ecc. sono in lamiere dello spessore di pochi millimetri. Gli esplosivi (tritolital, tritonal, torpex, ecc.) contengono discrete percentuali di polvere di alluminio i cui effetti sono già stati descritti.

6) **Bombe d'aeroplano** - Anche queste bombe sono caratterizzate da involucri piuttosto sottili (circa 10 mm.) e cariche esplosive che possono raggiungere anche i 1000 Kg. formate o da Tritolo, o da Compound B o da Tritonal o da Pentolite, Tritolite, amatolo, ecc. a seconda dei bersagli da colpire.

FORMULE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nitroglicerina	28	28	43,2	48,3	30	37,5	7	62	60	36	25	35
Cotone collodio	1,3	1,65	2,3	2,7	1,8	2,6	0,8	4	3,5	2,3	1,6	2,2
Nitrato ammonico . . .	—	34,5	—	—	34,7	—	—	—	—	53,7	65	53,8
Farina di legno	13,7	—	7	5,8	—	5,2	1	4	5,2	—	8,4	9
Binitrotoluolo	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—
Tritolo	—	—	—	—	—	11,5	5	—	—	—	—	—
Nitrato sodico	56	32	45,5	42,7	30	42	32,2	—	30,5	5	—	—
Carbonato sodico	—	—	1	0,5	—	0,7	—	—	0,5	—	—	—
Ocra rossa	—	—	—	—	—	0,5	—	—	0,3	0,5	—	—
Olio	1	3,5	—	—	3,5	—	—	—	—	2	—	—
Nitrato di potassio . . .	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—
Carbonato di calcio . . .	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—
Perclorato ammonico . .	—	—	—	—	—	—	44	—	—	—	—	—
Siliciuro di calcio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ocra gialla	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pentrite												
Trauzl cm.^{3}	290	350	340	355	385	390	430	440	440	445	450	460
Distanza colpo cm. . . .	1	7	14	15	10	13	6	12	20	21	15	18
Velocità detonazione m./s.	3000	4200	5000	5200	4200	4900	4700	5250	6000	4000	4200	5400

N. B. - Il n. 9 è il cosiddetto GD I; il 17 è il GD IM; il 27 è il GEO; il 19 è il GEOM; il 2[illegible] sono le cosiddette pentriniti e che hanno dato ottimi risultati in lavori subacquei per ricupero sia all'aperto che in galleria e, in più, in luoghi umidi o addirittura in acqua.

COI COMPONENTI ESPRESSI IN % E IN ORDINE DI POTENZA — TABELLA 53

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
36	37	30	40	38	7	57	71	73,5	66	55	55	40,75	40,75	77,5	82,5	92
2,3	2,3	1,7	2,2	2,3	1	3,5	5	5,5	4	3,2	3,2	1,5	1,5	5	5,5	8
58,7	58,2	61	50,8	50,9	—	29	—	—	20	36,8	36,8	17	—	—	—	—
1	—	—	—	—	3	3,5	5	11	2,7	5	2	—	—	5	3	—
—	—	7	7	—	9	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	6	30,3	7	—	—	7,3	—	—	—	—	12	8,5	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,5	—
—	0,5	0,3	—	0,5	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	18,5	10	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,3	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	40,7	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	—
—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40,75	40,75	—	—	—
460	460	460	470	475	480	500	505	505	510	525	525	525	525	540	560	630
5	4	6	9	21	4	23	26	21	27	21	20	25	25	29	30	35
5978	5500	5500	5600	5900	5700	5400	5900	5200	5000	5300	4900	7000	6980	6700	6900	7200

è la Gomma A; il 4 è il GD 2; il 3 è il GD II; il 28 è la Gomma B. - All'infuori dei nn. 25 e 26 che di navi, ecc. tutti i tipi sono in eccesso di ossigeno e quindi si possono adoperare per qualsiasi lavoro

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nitrogliceringlicol	40	34	38	38	40	17	29	30	38
Cotone collodio	2,5	2	2	2	2,5	0,5	1,20	1,7	2
Nitrato ammonico	57	58	54,6	50,75	47	64,5	57,40	61	52,50
Ocra rossa	0,5	—	—	—	0,5	—	—	0,3	0,25
Tritolo	—	3	—	7	—	6	4	10	7
Binitrotoluolo	—	2	3,9	—	—	4	2	7	—
Farina di legno	—	1	1,5	2,25	—	3	1	—	2
Nitrato sodico	—	—	—	—	10	5	—	7	—
Nitrato potassico	—	—	—	—	—	—	5,40	—	—
Cloruro di Sodio	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perclorato di K	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbonato Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25
Olio	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nafta	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Binitronaftalina	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trauzl cc	410	390	420	400	410	390	370	410	490
Velocità detonaz. m/s	5000	5200	6000	6100	5500	4100	5100	4900	5500

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
57	30	15	11	8	8	6	4	4	4	29	34	40	23	12	30	12
3,5	2	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	—	—	0,1	1,2	2	2,5	1	0,2	2,3	0,3
30	59	56	72	83,2	83,5	71,80	68	80	71	57	59	52,5	49	77,8	46,9	69,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—
—	—	—	15	8,5	—	—	4	—	—	5	3	—	6	—	2	2
—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	2	2	4	5	—	—	4
4,2	7	8	1,5	—	4	2	2	1	0,5	1	—	1	2	—	—	—
5	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	14	—	16	—
—	—	—	—	—	—	—	—	5	5	4,8	—	—	—	—	—	10
—	—	—	—	—	—	—	22	—	9	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10	—	—	—	10	—	7	6,5	—	—	—	—	6	—	—
0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—
—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,9	—	—	—	—	4	—	—
500	400	400	360	340	490	450	275	300	320	400	430	450	370	430	450	425
5600	4200	3100	3900	3200	2900	2800	1970	2050	1970	6000	5900	6100	4900	4000	5300	2385

FORMULE ESPLOSIVI FRANCESI CON NITROGLICERINA
(da « Les substances explosives et leurs misances » di Calzia)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nitroglicerina	92,5	84	60	30	29	15,2	12	12	29	27	22,5	22
Cotone collodio	7,5	6	3	1	1	0,3	0,5	0,5	1,5	1	0,5	1,6
Nitrato ammonico	—	—	31	57,5	67,5	73	75	77,5	66,5	61	—	—
Solfato Ba	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Farina legno	—	—	6	3	2,5	5,5	12,5	9	1,5	1,5	10	4,4
Tritolo	—	—	—	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Alluminio	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—
Stearato Ca	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
Cloruro Na	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Silicato zirconio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dinitrotoluolo	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	9,2	12,5	12
Torba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Biossido di Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrato Na	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54,5	60
Densità	1,55	1,57	1,50	1,45	1,25	1,10	1	1,1	1,55	1,50	1,60	1,75
Distanza colpo	6	17,5	6	10	15	14	8	8	5	8	10	3
Velocità detonazione m/s . . .	7500	7600	6500	6000	3600	3900	2600	2800	2600	2500	3500	2000
Coefficiente utilizzazione prat. . .	155	140	145	129	111	130	113	113	105	131	91	78

E CON I COMPONENTI ESPRESSI IN %

TABELLA 55

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Antigrisoutosi								
21,5	20	15,2	12	12	10	10	10	10	10	10	20	20	33,5	33,5	19,5	12	12,5	31,5	31,5
0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,3	0,4	1,5	1,5
68	73,5	71,5	—	74,5	51,4	65,2	79	79	77	77	55,5	55,5	20	20	20	33	32	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	10	—
2,5	5	8	15	2	—	9,5	10,75	9,75	7,25	6,25	2,5	2,5	—	—	2	—	5,1	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	5	—	6	—	—	—	—	5,5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	33,6	15	—	—	—	—	21,5	21,5	35	35	58	49	50	57	57
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—
7,5	1	—	10,25	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	—	—	—
—	—	—	—	—	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
—	—	—	62,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,30	1,1	0,95	1,20	1,05	1,10	1,07	0,77	1,13	0,98	1,19	1,2	0,9	1,95	1,65	1,3	1,05	1	1,77	1,85
13	16	13,5	7	7	5,5	3,5	7,5	10	4	11	15	16	9	4,5	15	10	8	7,5	3,5
4000	3700	3200	2500	3500	1700	1600	2400	3000	2500	2800	3200	2400	5900	5300	2200	2000	1900	5000	5400
121	113	128	73	123	41	70	112	108	125	128	77	77	60	64	41	50	47	43	36

ALCUNE FORMULE DI ESPLOSIVI DA MINA CON NITROGLICERINA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nitroglicerina . . .	14	11	10	4	10	4	4	15	8	15	15	12,7	15
Binitrotoluolo . . .	—	—	—	1,5	4	—	3,7	—	—	—	—	—	—
Cotone collodio . .	0,3	—	0,25	1,5	0,3	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
Farina di legno .	—	6	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	6
Farina di grano . .	—	—	—	—	—	—	—	4,7	5	—	8	—	—
Nitrato ammonico .	65,7	51	89,75	82	65,7	89,4	75,4	75	81	80,7	56	79	78,7
Nitrato sodico . . .	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrato potassico . .	—	—	—	—	—	—	10,3	—	—	—	—	—	—
Binitronaftalina . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—
Tritolo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perclor. di potassio .	—	—	—	—	—	—	4,5	5	—	—	20,7	—	—
Cloruro di sodio . .	20	22	—	11	20	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbone di legna . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—
Carbonato di calcio .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T_4	—	—	—	—	—	6,5	—	—	—	—	—	—	—
Olio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Siliciuro di calcio .	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—
Alluminio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trauzl cm^3 . . .	270	285	300	305	305	320	320	375	375	375	390	390	390
Distanza colpo cm. .	2	5	20	3	1	12	4	12	6	4	10	3	17
Velocità m/s . . .	2120	2300	2038	1710	1915	2500	2110	2311	3200	2115	2529	2715	2920

Il n. 3 è la cosiddetta Grisoutina per le miniere di carbone. I nn. 1, 2, 4, 5, 12, 14 servono per lavori.
I nn. 16, 19, 26, non si possono usare in galleria.
Tutti gli altri esplosivi si possono usare sia in galleria che in lavori all'aperto.

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12,76	12	4	8	15	12	12	3,5	12,76	12	12	10	11,7	6	4	6	9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,24	0,3	—	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3	0,24	0,3	0,3	0,3	0,3	0,12	0,1	0,12	0,3
—	—	10	6	8	—	4	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
—	—	—	—	—	3	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
83	77,7	76	69,8	76,7	77,7	73,5	41	79	76	69,7	76,70	76	68,38	70	77	70,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—
—	5	—	—	—	—	—	—	—	5	10	8	—	10	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—	10	9	—	—	—
—	—	10	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	11	10	20
—	—	—	11	—	—	—	32,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,50	—	0,88	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2,5	—	2	—	2	—	—	—	1,7	2	2	2	—	—	—	—
—	2,4	—	3	—	5	10	—	—	5	6	—	—	6	5,9	6	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
390	400	400	415	420	420	420	425	425	425	425	425	430	430	435	440	450
4	1	11	2	13	1	4	6	2	3	4	1	1	15	8	7	6
3200	1912	2348	1860	3100	2960	2700	2900	2100	1970	2400	2711	2350	2120	3000	2720	2912

in miniere di carbone e di zolfo.

ALCUNE FORMULE DI ESPLOSIVI DA MINA SENZA NITR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Nitrato ammonico . .	80	60	90	38	74,2	40	70	50	79	90	90	60	70	**67**	68,5	78	—	75	79	75,8	60	80	79
Tritolo	—	7	—	12	—	—	10	—	5	10	8	4	4	**5**	5	—	90	—	20	4	16	5	—
Farina di legno . . .	—	—	—	—	4	4	—	—	—	—	2	—	4	**—**	—	2	—	1	1	3	—	3	1
Nitrato di potassio .	—	15	—	43	10	29	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Olio	—	—	—	2	—	2	—	—	1	—	—	1	—	**—**	—	—	—	—	—	—	2	—	—
Alluminio polvere . .	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	3	—	—
Perclorato ammonico	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Binitrotoluolo . . .	—	—	—	—	4	—	—	—	3	—	—	—	—	**—**	—	5	—	—	—	3	—	4	—
Perclorato potassico .	—	—	—	—	6,5	—	—	—	8	—	—	35	20	**5**	5	7	—	10	—	10	—	—	—
Paraffina	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Siliciuro di calcio . .	—	—	—	—	—	—	—	5	4	—	—	—	2	**8**	8	3	—	4	—	4	—	8	—
Cotone collodio . . .	—	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—
Ocra gialla	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrato di sodio . . .	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	**12**	10,5	—	—	—	—	—	15	—	—
Nitroguanidina . . .	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrato di piombo . .	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Solfo	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbone di legna . .	20	12	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pentrite o T₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**—**	—	5	10	—	—	—	—	—	20
Binitronaftalina . .	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	**3**	3	—	—	10	—	—	4	—	—
Trauzl cm³	245	275	290	310	335	350	360	360	360	365	375	375	380	**385**	390	400	400	410	415	420	420	425	425
Distanza colpo cm. .	—	—	—	2	1	3	2	—	1	2	1	1	1	**1**	1	1	4	1	5	3	1	—	5
Velocità detonaz. m/s	—	—	—	2300	1940	2400	1600	—	2850	2500	2300	1725	1600	**1497**	1690	1840	7000	1300	2880	1610	2115	1407	2850

P. S. — I componenti, prima della loro mescolanza, devono essere passati ad un setaccio di almeno 30 maglie circa per cm². S
Inoltre faccio osservare che alcune di tali formule sono state provate a puro titolo di studio pur prevedendo risultati

NITROGLICERINA CON I COMPONENTI ESPRESSI IN % - tabella 57

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
77	75	70	81	74	77	70	—	70	70	78	80	55	73	81	79	61	73	75	77	77	68	63	62	70	48
8	5	18	8	12	8	15	72	—	16	6	20	20	10	16	10	19	—	20	—	15	—	—	14,5	—	—
2	3	—	4	2	—	—	—	—	1	2	—	—	2	—	1	—	2	—	—	—	4	3	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
—	3	—	5	—	—	3	—	—	3	—	—	3	3	3	—	3	—	—	—	—	6	—	3	—	11
—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	6
—	4	—	2	—	—	—	1	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1,5	1	1
—	10	8	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	7	—	—	8	—	—	—	—	—	—	9	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
6	—	4	—	5	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	5	—	8	5	—	—	—	—	—	—	5
—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	5	10	—	—	10	—	—	10	—	—	—	8	—	—	—	—	—	13	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	10	—	25	30	—	—	—	10	5	—	5	—	17	—	20	8	—	21	10	24	24
—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425	430	435	435	445	445	445	445	450	450	450	450	460	460	460	465	470	470	475	475	475	475	480	485	495	500
1	1	2	1	1	4	1	7	3	2	1	4	2	6	3	2	6	2	2	4	3	4	6	12	12	18
2100	2685	2312	2015	1200	1900	1800	6200	2100	2200	2115	4000	2750	2500	2500	2190	2750	3000	2305	2700	2500	3120	3000	3328	5200	4700

:cialmente il tritolo deve essere molto fine altrimenti il lavoro che dovrebbe fare l'esplosivo diminuisce moltissimo.
egativi confermati dalle prove sopra riportate.

ALTRE FORMULE DI ESPLOSIVI DA MINA SENZA NITROGLICERINA

TABELLA 58

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Nitrato ammonico	76	70	88	81	75	75	80	58	81	75	63	77	89	81	85	77	81	80,5	90	68	95
Binitrotoluolo	8	—	—	1	12	—	10	—	—	—	—	—	—	2	2	2	2	1,5	1	—	—
Perclorato di Potassio	8	—	—	—	10	7	7	—	—	—	14	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Siliciuro Ca	6	—	—	—	—	6	—	—	—	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Olio	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nitrato sodico	—	15	—	—	—	—	—	15	—	—	7	5,5	—	—	—	—	—	—	—	7	—
Binitronaftalina	—	15	6	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pentrite o T_4	—	—	6	9	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	5	—
Farina legno	—	—	—	—	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Alluminio	—	—	—	—	2	—	2	2	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—
Tritolo	—	—	—	9	—	10	—	17	16	20	9	8,5	11	17	13	21	15	9	9	15	5
Trauzl cc.	315	325	395	390	430	440	395	435	460	475	470	275	370	445	400	470	370	415	300	490	250
Velocità det. m/s.	—	—	1810	4385	2685	1890	2000	2610	2500	2305	2400	2000	2256	3623	4037	3670	1930	3900	1640	4000	1600

TABELLA 59

FORMULE ESPLOSIVI FRANCESI POLVERULENTI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 A	14 A	15 A	16
Nitrato ammonico . . .	79	91,5	87,5	75,4	75,5	81	79	92,5	87,9	77,3	82	81,5	76	67,5	25	79,8
Tritolo	20	—	—	—	—	9,5	—	—	5,5	—	12	15,8	—	9,5	—	11
Stearato di calcio . . .	1	—	—	—	1	1	1	—	—	1	—	1	—	—	—	—
Dinitronaftalina . . .	—	8,5	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—
Pentolite 20/80	—	—	—	24,6	23,5	—	11,5	—	—	17,5	—	—	—	—	—	—
Alluminio	—	—	—	—	—	8,5	8,5	—	—	4,2	—	—	—	—	—	—
Farina legno	—	—	—	—	—	—	—	4	4,1	—	6	1,7	2	5	—	2,8
Cloruro di sodio . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	18	55	—
Nitroglicerina	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5,2
Pentrite	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—
Olio combustibile . . .	—	—	—	—	—	—	—	3,5	2,5	—	—	—	—	—	—	—
Canna tritata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—
Cotone collodio	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2
Densità	1,15	1	1	1,1	1,1	1,1	1,15	0,95	0,98	1,10	1,05	1,10	1	1,05	0,95	1,10
Distanza colpo	3	3,4	6	4,5	8	5	6	2,5	3,5	9	8	6	3-4	5-6	4	12,5
Velocità det. m/s. . . .	4500	4000	4200	6000	4800	4000	4300	3300	3800	4900	4300	4700	3700	3800	1850	4700
Coefficiente utilizzazione pratica	117	103	111	123	123	132	138	100	106	129	107	112	87	88	43	115

A = antigrisoutosi

ALCUNE FORMULE DI ESPLOSIVI POLVERULENTI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nitrato ammonico .	85,50	77	80	65	84,5	84,5	79	78	68,5	85,5	85,5	66	82
Binitronaftalina . .	—	—	5	5	—	10	—	—	3	—	—	—	—
Binitrotoluolo . . .	—	—	—	1	0,5	—	—	—	—	—	0,25	—	1
Perclorato potassico	—	—	—	10	—	—	8	—	5	—	—	8	—
Siliciuro di calcio .	—	—	5	—	5	—	—	—	8	—	2	5	—
Nitrato sodico . . .	—	—	10	8	—	—	—	4,5	9,5	—	—	8	—
Farina di legno . .	10	6,5	—	—	7	—	3	—	1	7,5	5,5	1	3
Tritolo	4,50	15	—	7	3	—	10	16	5	7	6,75	12	14
Bicromato potassico	—	—	—	—	—	4,5	—	—	—	—	—	—	—
Polvere di carbone .	—	1,5	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Alluminio polvere .	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ocra rossa	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—
Carbonato di calcio .	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Perclorato ammonico	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trauzl cm.³	330	330	375	380	395	400	400	400	380	420	420	420	420
Distanza colpo cm. .	1	2	—	4	3	3	4	6	4	4	5	6	6
Veloc. detonaz. m/s.	1900	2300	—	2600	3100	1800	2634	3600	3900	3500	3100	3300	3700

P. S. — Il binitrotoluolo si aggiunge generalmente soltanto quando si fa l'incartucciamento a macchina, in quanto rende l'esplosivo un po' umido e quindi più prensile, cosa essenziale specialmente per certe macchine automatiche di tipo tedesco. Se l'incartucciamento viene fatto a mano è inutile aggiungerlo perchè scivolerebbe male dalle tramoggine nei cartocci intralciando la lavorazione. Nelle molazze la segatura va aggiunta 5 minuti prima di finire l'operazione. Con queste formule si possono ottenere ottimi esplosivi anche senza molazzatura, ma il rendimento come ho già detto e potuto constatare più volte personalmente è inferiore. Per es. il n. 9 non molazzato pur dando

ENZA NITROGLICERINA MOLAZZATI PER 25' **TABELLA 60**

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
77	72	61	65	65	62	70	83	80	67	74	61	79,5	65,5	73,5	67	74,5
—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	—	4,5	—
—	1	1	1	1	—	—	—	—	1	—	1	—	1	1	1	0,5
—	5	7	7	—	—	10	—	—	5	—	8	—	2	5	5	5
—	3	6	5	6	4	5	7	—	5	—	—	—	4	8	7	7,5
—	2	9	8	12	8	—	—	—	6	—	8	8	11	—	8	—
5	3	3	1	2	3	3	4	—	3	4,5	—	2,5	—	2,5	—	2,5
16	14	13	—	14	14	12	6	20	13	20	19	10	14	10	7,5	10
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	3	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425	425	425	430	430	430	430	430	430	440	440	445	450	455	470	470	470
6	4	8	3	7	4	10	7	7	6	7	12	7	6	9	3	6
3720	3030	3600	2498	3900	4300	3700	3200	4300	3200	2400	3842	3500	2500	3660	3100	3750

un Trauzl superiore (405 cm.³) ha una velocità di 1687 m./s. e una distanza di colpo di 2 cm. Ad ogni modo l'interessante è che i componenti siano fini, bene setacciati e ben mescolati tra loro. Da prove che ho potuto eseguire ho constatato però che col tempo gli esplosivi molazzati tendono a perdere un po' della loro potenza per cui, per es. adoperare la polvere di alluminio, per le ragioni dette nei capitoli precedenti, è assolutamente sconsigliabile. Allo scopo di aumentale la velocità e la distanza di colpo il più adatto sembrerebbe essere il perclorato di potassio.

TABELLA 61

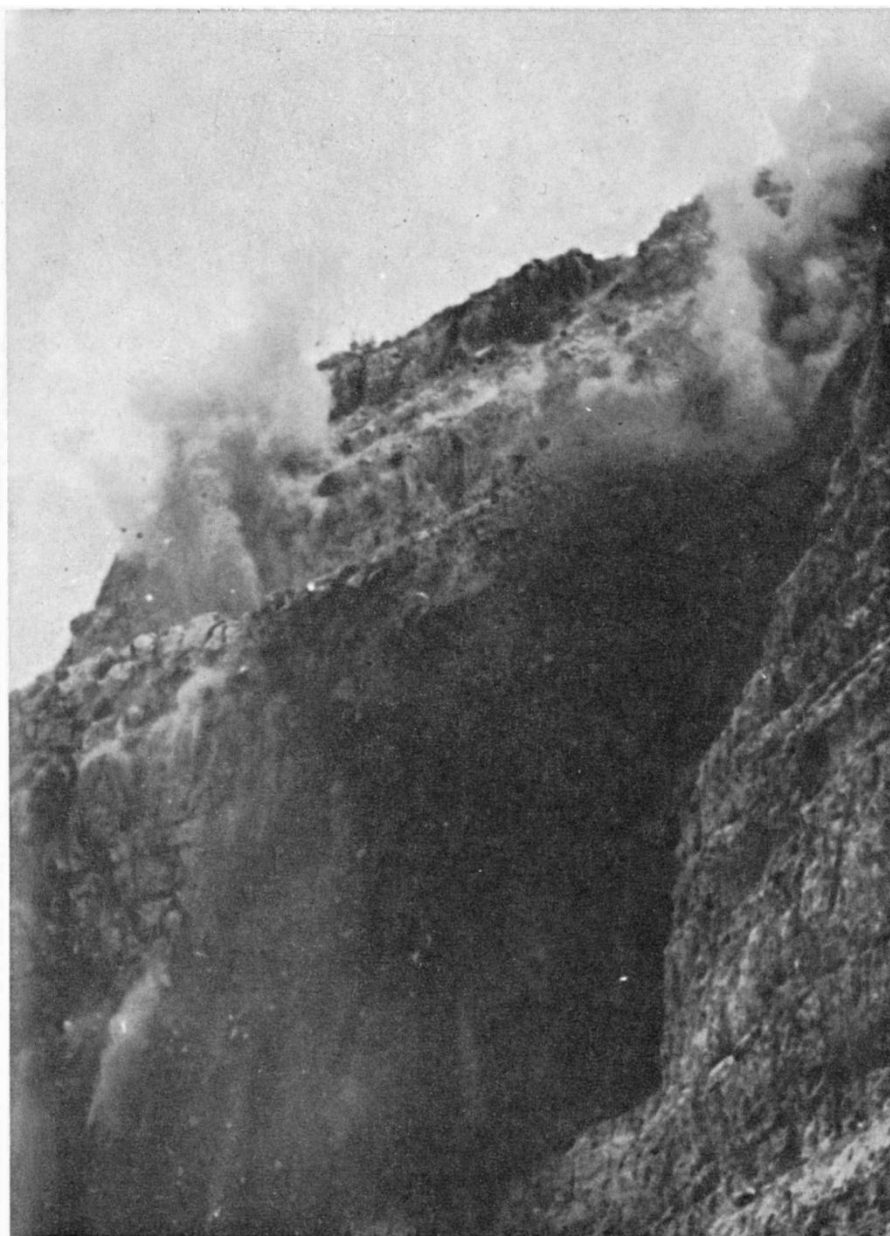
ALCUNE FORMULE PER ESPLOSIVI CON RESIDUATI DI POLVERI DI LANCIO E COI COMPONENTI ESPRESSI IN %

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Balistite	8	60	10	10	10	—	50	—	—	—	—	—	—	—
Tritolo	4	—	10	—	4	10	10	10	5	10	12	10	—	10
Nitrato di potas.	—	40	—	—	5	40	40	—	—	—	—	—	—	—
Polvere C . . .	—	—	—	—	—	50	—	—	15	—	—	10	54	50
Perclorato potas.	3	—	5,5	10	5	—	—	—	—	—	—	—	20	40
Nitrato ammonico	55	—	70	80	55	—	—	60	80	61	60	61	—	—
Farina di legno .	1	—	4,5	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Polvere B . . .	—	—	—	—	—	—	—	15	—	10	—	—	—	—
Nitrato sodico .	26	—	—	—	20	—	—	—	—	15	13	15	26	—
Siliciuro di calcio	3	—	—	—	—	—	—	5	—	4	5	4	—	—
Polvere Dupont .	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	10	—	—	—
Trauzl cm.^{3} . . .	310	315	320	330	350	350	375	410	425	425	430	430	435	435
Distan. colpo cm.	1	—	4	4	1	1	1	1	1	3	1	4	3	4
Veloc. deton. m/s	1745	—	3300	3200	1350	1500	1320	2500	2100	2290	1820	2540	2328	2900

Osservazioni. — Le polveri di lancio devono essere tutte macinate e passate ad un setaccio di circa 16 maglie per cm^2. Tutti gli altri componenti ad un setaccio di 20 maglie per cm^2. Soltanto in questo modo si ottengono buoni risultati. Il borraggio per tali esplosivi deve essere fatto molto bene.

TABELLA 62

ALCUNE FORMULE DI ESPLOSIVI GELATINOSI AL BINITROTOLUOLO COI COMPONENTI ESPRESSI IN %

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Binitrotoluolo	16	18	19	20	27,8	17	21	23	17	23	16
Perclorato ammonico .	—	27	—	—	43	—	40	42,5	27	40	36
Nitrato sodico	15	32	—	14,5	28	15	37	31	19,5	35	25
Cotone collodio . . .	0,5	1	1	1	1,2	0,5	0,5	0,5	2	1	0,5
Farina di legno . . .	—	1	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—
Nafta	—	1	—	—	—	—	1,5	—	—	1	—
Nitrato ammonico . .	45	20	—	50,5	—	45	—	—	31	—	—
Tritolo	7	—	—	7	—	6	—	3	3	—	4,3
Pentrite	—	—	21	7	—	—	—	—	—	—	—
Perclorato potassico . .	16,5	—	—	—	—	16,5	—	—	—	—	—
Clorato di sodio . . .	—	—	59	—	—	—	—	—	—	—	—
Trauzl cm^3	315	325	335	335	340	345	360	400	400	420	460

Caratteristica esplosione di cariche di dinamite in una cava di marmo.

PARTE QUINTA

ESPLOSIVI INNESCANTI

CAPITOLO PRIMO

INNESCANTI PRIMARI

Per esplosivi primari o innescanti s'intendono tutti quegli esplosivi che, a causa della loro grandissima velocità di reazione, si decompongono sempre e unicamente per rapidissima e violenta detonazione comunque se ne provochi la decomposizione.

Essi sono esclusivamente impiegati quali materie innescanti, capaci di provocare con la loro violenta detonazione, l'esplosione di tutte le altre sostanze esplosive. La detonazione della materia innescante può venire provocata in tre modi: o con una miccia a lenta combustione, o mediante azione elettrica attraverso un esploditore, o con un sistema di percussione qualsiasi.

E' necessario tener presente che la grande sensibilità di queste sostanze non è in relazione con la loro potenza esplosiva; infatti per es. il fulminato di mercurio ha potenza inferiore a quella del tritolo, dell'ac. picrico, della gelatina esplosiva, ecc., pure essendo, rispetto a queste sostanze, molto più sensibile all'urto e al calore.

Il numero degli innescanti primari, per ragioni di economia, praticità di impiego, stabilità chimica e di potere innescante, sono limitati, anche se, come vedremo in seguito, ne sono stati brevettati tanti.

Nell'ultima guerra, l'esperienza ha mostrato che il numero di sostanze innescanti utilizzabili sono poche e praticamente, oltre all'antico Fulminato di Mercurio sempre ottimo, non si trova, nelle composizioni di innesco, altro che l'Azotidrato e lo Stifnato di Piombo, il Tetrazene e, in misura molto minore il Solfocianato di Piombo.

Lo Stifnato e il Tetrazene ora sono di uso generale, tanto che sono entrati, oltre che nelle capsule da guerra, nei detonatori per uso civile e nelle capsule da caccia del tipo inossidabile (INOX).

Non si conosce ancora con sicurezza di quale natura sia « **l'onda esplosiva** » prodotta dalla sostanza innescante. Per avere la detonazione, secondo la concezione classica, sarebbe necessario raggiungere una pressione molto elevata: però da studi fatti da Mayrich si è giunti a

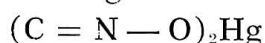
stabilire che, per innescare un esplosivo, basta una pressione considerevolmente inferiore, a condizione però che questa pressione venga applicata con una sufficiente velocità, e che infine l'attivazione delle molecole è dovuta, piuttosto che all'azione termica provocata da forti pressioni, a velocissimo ed improvviso spostamento delle molecole stesse.

Senza dilungarmi oltre su tale argomento, dirò che attualmente risulterebbe che, quanto più la combustione dell'esplosivo primario è rapida, tanto più corta è l'onda d'urto, elevato il potenziale ottenibile, il numero e la distanza delle molecole attivate e quindi il grado di attivazione per spostamento di molecole; di conseguenza, ciascun esplosivo ha tante energie di attivazione differenti quanti sono i differenti regimi di decomposizione.

I valori assoluti di queste energie di attivazione aumentano a misura che la decomposizione si avvicina alla detonazione. Nello stesso tempo diminuisce la grandezza molecolare dei prodotti di decomposizione, mentre aumenta l'energia svolta. Descriverò i principali esplosivi innescanti cominciando dal più antico: il fulminato di mercurio.

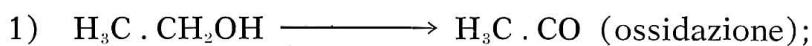
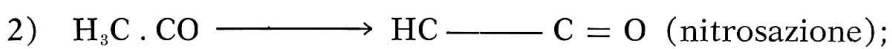
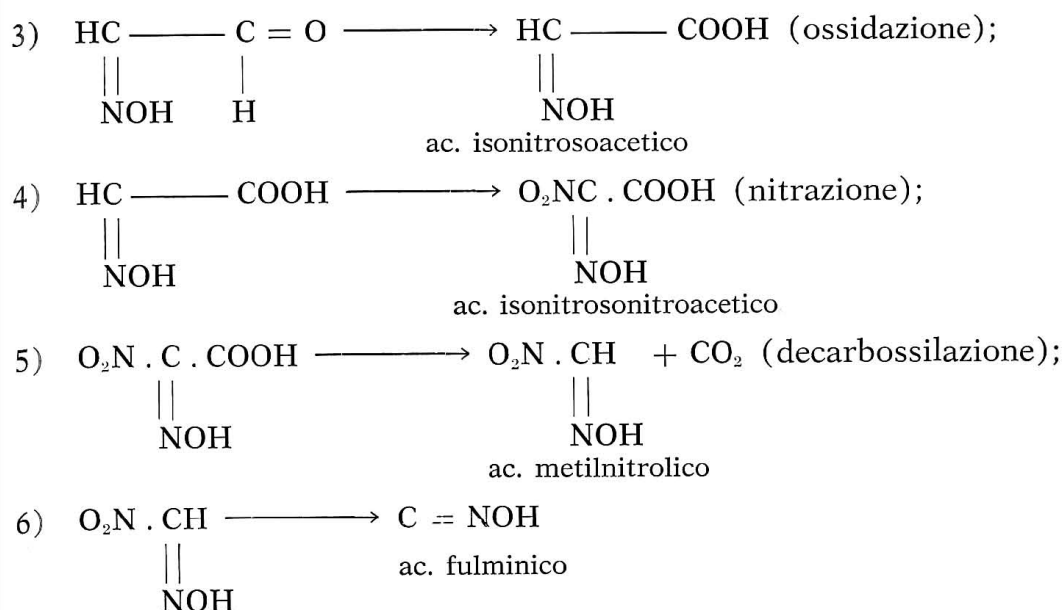
FULMINATO DI MERCURIO (p.m. 284,626)

Il fulminato di mercurio [$Hg(CNO)_2$] fu scoperto per caso nel 1799 da Edward Howard il quale, volendo preparare sinteticamente dell'ac. cloridrico, facendo combinare l'idrogeno ottenuto dall'alcool e l'ossigeno ottenuto dall'ac. nitrico con del mercurio, ottenne un sale bianco che dapprima credette sublimato. Accorgendosi poi che non dava la reazione dell'ac. cloridrico, lo trattò con ac. solforico conc. ottenendo un forte esplosivo. Coi mezzi allora conosciuti, non riuscì a rendersi conto di quanto aveva scoperto, ma in seguito, Gay Lussac, Liebig, Kekulé, ecc. studiarono la sua costituzione. La formula del fulminato di mercurio risultò la seguente:

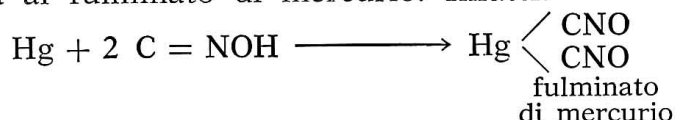
$$(C = N - O)_2Hg$$

Non ritengo opportuno riportare qui tutte le diverse ipotesi circa le reazioni chimiche per giungere a tale formula. Trascriverò solo l'ultima che pare la più attendibile e che è dovuta a Wöhler [Ber., 38, 1346 (1905)].

1) $H_3C\,.\,CH_2OH \longrightarrow H_3C\,.\,CO$ (ossidazione);
alcool etilico — $H_3C\,.\,CO$ con H legato al C: aldeide acetica

$$\underset{\text{alcool etilico}}{H_3C\,.\,CH_2OH} \longrightarrow \underset{\text{aldeide acetica}}{H_3C\,.\,\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}O}$$

2) $H_3C\,.\,CO \longrightarrow HC - C = O$ (nitrosazione);

$$H_3C\,.\,\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}O \longrightarrow \underset{\text{isonitrosoacetaldeide}}{\underset{\displaystyle NOH}{\underset{||}{HC}} - \underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}} = O}$$

Dall'ac. fulminico che però non è stato ancora ottenuto allo stato puro, ma che è molto velenoso e con odore molto simile all'ac. cianidrico, si passa al fulminato di mercurio. Infatti:

$$Hg + 2\ C = NOH \longrightarrow Hg \begin{cases} CNO \\ CNO \end{cases}$$

fulminato di mercurio

Facendo bollire lungamente con acqua il fulminato di mercurio, si forma il sale di mercurio dell'ac. fulminico. Riducendo il sale di mercurio con Zinco e ac. solforico, polvere di Zinco e ammoniaca, oppure stagno e ac. cloridrico, si ottiene anidride carbonica e ammoniaca, mentre col solfato ferroso e acido cloridrico si forma ac. cianidrico.

Secondo Nef e Scholl, facendo agire a caldo l'ac. cloridrico sul fulminato di mercurio, si ottiene idrossilammina e ac. formico.

Scholl ha inoltre studiato la condensazione del fulminato di mercurio col benzene in presenza di cloruro di alluminio: si forma aldeide benzoica, benzonitrile e benzaldossima.

Steiner riscaldando il fulminato di mercurio con ammoniaca acquosa a 60-70° dice che si ha la formazione di urea, guanidina, fulmitetraguanarato e ossido di mercurio: in tubo chiuso a 70° si forma il fulmitriguanarato.

FABBRICAZIONE DEL FULMINATO DI MERCURIO

Ritengo opportuno accennare ai principali processi di fabbricazione del fulminato di mercurio riservandomi di descrivere poi minutamente quello più usualmente adoperato, cioè il Chandelon.

Processo Liebig - Si sciolgono a freddo tre parti di mercurio in 36 di ac. nitrico con densità 1,34; la soluzione si versa nella storta contenente 17 parti di alcool da 80 a 87° G.L., si modera l'energia della reazione aggiungendo altre 17 parti di alcool. Si ha un rendimento medio del 123% del mercurio adoperato.

Processo Chevalier - Si sciolgono a freddo tre parti di mercurio in 30 parti di ac. nitrico a 40° Bé a freddo, Kg. 3,500 ancora di ac. nitrico a 36° Bé, si riscaldano su bagno di sabbia a 80°. Poi si versa tutto nella storta contenente 19 parti di alcool a 90°; verso la fine si fanno aggiunte successive con 2,38 e 1,58 parti di alcool. Si ha un rendimento medio del 125% del mercurio adoperato.

Processo che fu praticato in Belgio - Si sciolgono gr. 450 di mercurio in un Kg. di ac. nitrico a 36° Bé, si riscaldano su bagno di sabbia a 80°. Poi si versa tutto nella storta contenente 4 l. d'alcool a 90° e un litro di aldeide; in mancanza di aldeide 5 litri di alcool a 90°. Il rendimento medio si aggira sul 130% del mercurio adoperato.

PROCESSO CHANDELON

L'impianto si può comporre di 12 o più batterie, ognuna delle quali consiste in un pallone di vetro Pirex comunicante con due o più giarre di condensa di grès, di una vasca di ferro per il recupero dell'alcool, di un lambicco per la distillazione dell'alcool di recupero, di un essic-

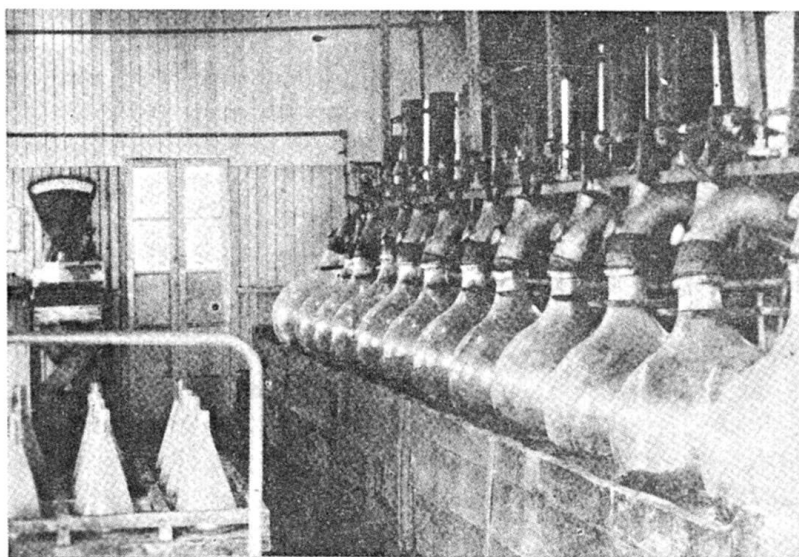



FIG. 104 - Impianto fulminato di mercurio.

catoio e di un locale terrapienato apposito per deporvi il fulminato sott'acqua in bacinelle, necessario alla lavorazione di due o tre giorni. L'alcool può venire denaturato con circa il 10% di alcool di recupero o con difenilammina, o con altri sistemi o adoperato allo stato naturale.

Ecco come avviene la lavorazione: in palloni di vetro con collo allungato della capacità di litri 5 si versano Kg. 4,300 di ac. nitrico a 40 Bé, poi Kg. 0,500 di mercurio. I palloni si chiudono con tappi di argilla e si lasciano riposare fino a completo scioglimento del mercurio (circa 3 ore). E' così pronto il nitrato di mercurio. Se la temperatura ambiente è al di sotto di 20°, è necessario, per accelerare lo scioglimento del mercurio, immergere i palloni in bagno maria a 50° circa (fig. 104).

In altri palloni di vetro Pirex della capacità di 50 litri, si versano 4000 cc. di alcool a 94° G.L. e 1000 cc. di alcool di recupero a 75-85° G.L. Ciò fatto vi si versa dentro il nitrato di mercurio ad una temperatura di almeno 30° onde accelerare la reazione. I palloni si chiudono con tappi di gomma muniti di una valvola ad S e si innestano i raccordi che convogliano i gas alle giarre di condensa. La reazione poco dopo è vivacissima con svolgimento di copiosi vapori nitrosi. Dapprima si

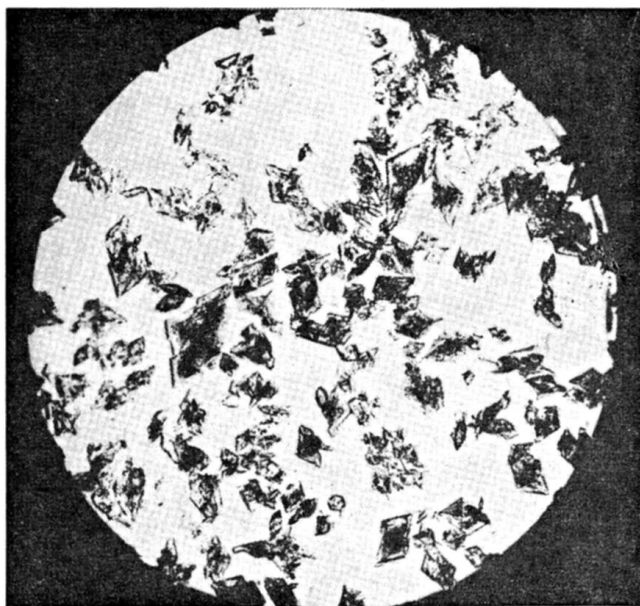



FIG. 105 - Cristalli di fuminato di mercurio.

hanno vapori bianchi che a poco a poco acquistano una tinta arancione sempre più carica. Dopo 10-15 minuti si comincia a formare una schiuma biancastra indice della precipitazione del fulminato.

I vapori che si svolgono si raccolgono attraverso le giarre di assorbimento dove vengono in parte condensati; quelli non condensati, mediante un aspiratore, sono mandati all'aperto: si opera in generale con diverse batterie lavorando in serie. Dopo 30-35' dall'inizio della reazione, cioè quando cominciano a formarsi i vapori rossi, si versano in ogni pallone, attraverso le valvole ad S del tappo, 500 cc. di alcool di recu

pero, o in mancanza di questo, di alcool a 94°, onde smorzare in parte la reazione; i fumi in principio tendono a sbiancarsi, ma tosto la reazione riprende e i vapori di nuovo tendono al rosso. Attraverso la solita valvola si versa un'altra dose di 300 cc. di alcool di recupero. Si ha un nuovo rallentamento della reazione con scolorimento dei vapori, seguito tosto da un intensificarsi della tinta arancione dei vapori. Per la terza volta si aggiungono ancora 200 cc. di alcool di recupero.

In totale quindi l'alcool di recupero aggiunto in tre riprese ascende al litro. Con quest'ultima aggiunta la reazione si smorza definitivamente senza riprendersi più. Dopo un'ora circa dall'ultima aggiunta di alcool, i palloni si trovano a temperatura normale pronti per il lavaggio.

Il fulminato formatosi si sarà depositato sul fondo dei palloni sotto forma di aghi bianco-giallastri (fig. 105). Ogni pallone, adoperando le dosi e i componenti sopra citati, dà circa 820 gr. di fulminato umido che corrisponde a circa 650 gr. di fulminato asciutto. Teoricamente se ne dovrebbero avere 710.

Il rendimento medio del processo ottenuto è del 130-131% rispetto al 142% teorico.

E' da notare che i rendimenti variano a seconda delle densità dell'acido e dei gradi dell'alcool.

Da una lunga serie di studi sperimentali sulla fabbricazione del fulminato di mercurio, riferisce il Bassanese, si è condotti a stabilire dei rapporti di combinazione fra le materie prime.

L'esperienza dimostra che l'azione esplosiva dipende unicamente dal processo col quale fu preparato; difatti, sempre ammesso di usare le materie prime allo stato di purezza, solo col variare le proporzioni fra i tre componenti si avrà del fulminato con effetti esplosivi limitati al punto di avere un'azione pressochè nulla.

I componenti devono reagire in proporzioni tali da dar luogo alla completa formazione del fulminato e queste proporzioni sono le seguenti:

Con l'ac. nitrico a 40° Bé ed alcool a 95°

Parti 1 di mercurio	Parti 10 di ac. nitrico	Parti 10 di alcool
Parti 1 di mercurio	Parti 10 di ac. nitrico	Parti 11 di alcool

Con l'ac. nitrico a 36° Bé ed alcool a 80°

Parti 1 di mercurio	Parti 11,5 di ac. nitrico	Parti 12 di alcool
Parti 1 di mercurio	Parti 12,5 di ac. nitrico	Parti 13 di alcool

Con l'ac. nitrico a 36° Bé ed alcool a 95°

Parti 1 di mercurio	Parti 11,5 di ac. nitrico	Parti 10 di alcool
Parti 1 di mercurio	Parti 12,5 di ac. nitrico	Parti 11 di alcool

SERIE DI PROCESSI SPERIMENTALI

Grammi mercurio	Acido Bé	Alcool	Azione nei cilindretti Pb	Azione nei cilindretti di fulmicotone
200	2000 a 40°	2000 a 95°	energica	esplode
200	2200 a 40°	2200 a 95°	»	»
200	2400 a 40°	2400 a 95°	debole	non esplode
200	2000 a 40°	1700 a 95°	»	» »
200	2000 a 40°	2000 a 80°	nulla	» »
200	2400 a 40°	2300 a 80°	»	» »
200	2400 a 40°	2300 a 75°	»	» »
200	2300 a 36°	2000 a 95°	energica	esplode
200	2400 a 36°	2200 a 95°	»	»
200	2400 a 36°	2400 a 80°	»	»
200	2300 a 36°	2000 a 80°	nulla	non esplode
200	2800 a 36°	2300 a 80°	»	» »

N. B. - *Il fulminato ottenuto con l'ac. a 36° Bé e l'alcool a 80° Bé trattiene sempre una certa quantità di mercurio metallico ridotto.*

Queste esperienze dimostrano che per avere un ottimo fulminato occorre che i componenti si trovino in proporzioni definite, mentre se l'alcool rispetto all'acido è in quantità scarsa, o se l'alcool e l'acido sono in quantità esuberante rispetto al mercurio, si ottiene del fulminato che contiene una certa quantità dei prodotti secondari i quali annientano la forza esplosiva del fulminato stesso.

Con le proporzioni definite, le reazioni avvengono regolari e durano circa 50 minuti, mentre negli altri casi, varia l'energia della reazione: si hanno cioè delle reazioni energiche con forte sviluppo di vapori rossi che si compiono in meno di 20'.

Ritornando alla nostra fabbricazione, il contenuto di 5 palloni, si versa, dopo averlo agitato energicamente, in una grande bacinella di grès della capacità di circa 30 litri e si lava con acqua fredda per decantazione. La parte liquida si versa su di un filtro di tela lisciviata o di feltro. Nella bacinella si aggiunge ancora acqua e si lava tante volte agitando con una spatola di legno fino a quando una cartina di tornasole neutra non cambia colore, cioè fino ad assenza di acidità. Occorrono circa 6-7 lavaggi. Si riempie d'acqua un'altra bacinella di grès simile alla prima, vi si pone dentro un setaccio di seta di 225 maglie per cm.^{2}, sul quale si versa il fulminato contenuto nella prima bacinella. Agitando piano piano il setaccio che si terrà immerso per metà nell'acqua della seconda bacinella, il fulminato vi passerà liberandosi dai cristalli troppo grossi e dalle inquinazioni di varia natura.

Il fulminato liberatosi dall'acqua di decantazione, viene versato in una bacinella della capacità di circa 20 litri. Dopo di che viene pressato con una spatola di legno per far riaffiorare l'acqua contenuta nella massa dei cristalli. Tale acqua superficiale viene scolata e, *dopo essersi*

accertati che non abbia più reazione acida, viene eseguito il peso del prodotto umido. Quindi si versa un leggero strato di nuova acqua sul fulminato e si porta la bacinella nel deposito, ove vi permane fino a quando viene prelevato per l'essiccamento. Il fulminato umido, dopo aver completamente scolata l'acqua superficiale, viene portato in essiccatoio e distribuito in vari imbuti di gomma, mettendone circa 100 gr. per imbuto.

I detti imbuti di gomma sono posti in altrettanti imbuti di vetro a loro volta innestati in una tubazione in permanente aspirazione (400-500 mm. di vuoto). Continuando l'aspirazione, sul fulminato viene versato un quantitativo di circa 25 cc. di alcool a 94° G.L., il quale viene raccolto in un secchio e distrutto. Essendo gli imbuti di gomma provvisti di 4 fori sul fondo, con garza posta internamente all'imbuto, l'alcool di lavaggio è obbligato, in regime di aspirazione, ad attraversare tutta la massa del fulminato ed a spostare l'acqua e le impurità

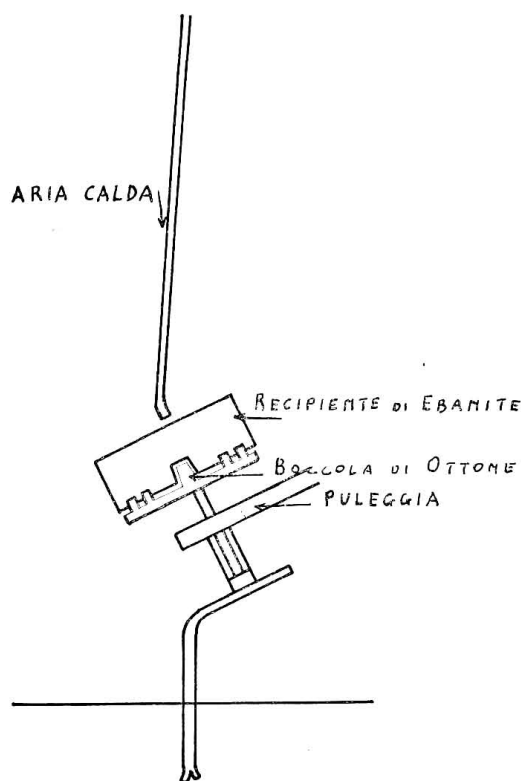



FIG. 106

Sistema di asciugamento di esplosivi primari adoperato in Francia.

ultime contenute. La durata di aspirazione è di 20-30'. Dopo ciò il fulminato viene fatto essiccare in un apposito essiccatoio che può essere o a stufa con riscaldamento a tubi d'acqua calda o a camera con ventilazione ad aria calda. Se lo stabilimento è provvisto di un essiccatoio tipo francese (fig. 106) che in realtà è molto comodo e abbastanza sicuro, il fulminato viene messo nella quantità di 100 gr. in appositi recipienti quadrangolari di ebanite o di gomma conduttrice, i quali

vengono posti su dei mandrini rotanti alla velocità di 14 giri al minuto primo ad asse inclinato, che si trovano in celle corazzate (lamiera di un cm. di spessore) costituenti l'essiccatoio che, mediante elementi ad acqua calda posti in modo che non vi si possa depositare polverino o comunque lavabili, viene portato ad una temperatura di 40-45°. L'introduzione nella cella del recipiente e la sua postazione sul mandrino, avviene attraverso uno sportello scorrevole su ruote gommate. Il fulminato, data la particolare inclinazione del mandrino, è obbligato a cambiare continuamente posizione e a mescolarsi. Inoltre un leggero getto d'aria calda prodotto da un piccolo ventilatore che soffia attraverso appositi tubi sul fulminato in modo quasi impercettibile, contribuisce ad una rapida essiccazione. Ad essiccazione effettuata (dopo 40-45') l'operaio controlla l'effettivo peso del fulminato secco che deve risultare di 80 gr. circa per recipiente. Un'altro tipo di essiccatoio si può vedere alla fig. 107. Questo è chiamato « statico ». Il fulminato vi viene deposto su appositi telai di alluminio che vi si rinchiudono appoggiati su sostegni alla temperatura di circa 50°.

FIG. 107

Essiccatoio statico per esplosivi primari.

Caricamento capsule - Fatta questa operazione, si pesa il fulminato occorrente per ogni miscela, ed uno degli uomini addetto all'essiccatoio lo porta in una apposita scatola, ad un dato segnale, nella **sala miscele**, dove intanto è già stata fatta la miscela binaria formata di clorato di potassio e solfuro di antimonio pesata e preparata in apposito locale. Essa viene versata dall'operaio nella

bacinella di ebanite o gomma conduttrice del fulminato e messa a mescolare sopra un apposito mandrino in un piccolo locale a pareti blindate ed a tetto leggerissimo, in quanto, durante tale operazione, se ne può verificare anche lo scoppio. Quando l'operaio deve caricare la tramoggia, nel caso si tratti di fabbricazione di capsule, si reca nella sala miscele. Mediante apposito congegno applicato alla porta di entrata e, dopo aver dato un segnale, s'introduce nel corridoio della tramoggia (Vedi fig. 139). Assicuratosi che lo sportello della tramoggia sia chiuso, la versa con ogni precauzione nella medesima. Quindi torna in sala e comincia il caricamento della tramoggia e il traballamento girando la manovella e dando gli opportuni giri a seconda del peso che si deve ottenere e che spesso va controllato, o, qualora la tramoggia sia a spatola, con la speciale spatola foderata di pelle di daino, riempirà i fori della tramoggia, spostando quindi la lastrina sottostante che lascerà cadere la miscela nelle capsule già in precedenza preparate sulle palmelle.

La lavorazione delle capsule da caccia e molte da guerra avviene nel seguente modo: le capsule debitamente verniciate con soluzione di gomma lacca e alcool al 5-10% e ben essiccate, vengono caricate nel modo sopra descritto, e dopo il controllo del peso, prelevatone una ventina in una scatoletta, si misura lo spessore e si prova, mediante scuotimento, se perdono fulminato. Se tutto va bene, vengono inviate al balipedio e provate alla berta, di nuovo allo scuotimento, alla misura di altezza, di diametro e in cartuccia.

A mio avviso però, alla tramoggia a manovella è da preferirsi quella a spatola in quanto, durante le vibrazioni, con quella a manovella i granuli tendono a separarsi a causa della diversa densità dei componenti e quindi a non dare più uniformità alla miscela. Cosa importantissima è anche la granitura dei componenti e i setacci che devono essere sempre controllati. Anche per ciò che riguarda la pressa, penso che le antiche presse a pesi siano migliori di quelle ad eccentrico o idrauliche in quanto la pressatura è più uniforme.

Nel caso in cui le capsule invece che al fulminato di Mercurio siano caricate allo stifnato o all'azotidrato di Piombo, il sistema e la lavorazione rimane invariata; cambieranno naturalmente, come vedremo più avanti, i componenti (Vedi pag. 485 e seguenti).

Occorre tener presente che il fulminato di mercurio può dare vari e seri disturbi specialmente alla bocca, alla lingua e ad altri organi come i reni, tremito, perdita dei denti, ecc. Ottimo contravveleno è il latte crudo bevuto abbondantemente.

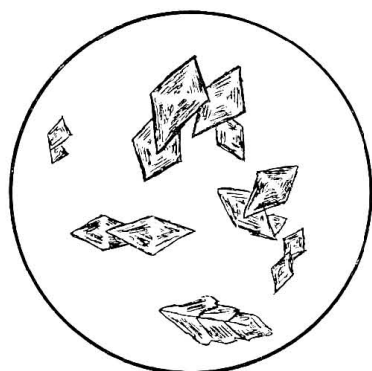



FIG. 108

Cristalli di fulminato di mercurio.

Caratteristiche fisico-chimiche del fulminato di mercurio. Il fulminato di mercurio ha la forma di minuti cristalli trapezoidali color giallo grigio più o meno chiaro a seconda del processo adoperato (fig. 108).

Come ho potuto io stesso constatare, è sufficiente cambiare la concentrazione dell'ac. nitrico o dell'alcool, oppure la temperatura della soluzione mercurica per avere del fulminato con tinte intermedie tra il grigio scuro, il bianco e il giallognolo. Con tale sistema si può cambiare anche la grossezza dei cristalli.

Il motivo della differenza di colore tra fulminato grigio e chiaro, ha dato origine a moltissime ricerche ed ipotesi che però non hanno condotto a nessun risultato concreto.

Il fulminato si conserva nell'acqua fredda nella quale è quasi insolubile (a 20° occorrono 130-140 parti di acqua per scioglierne una di fulminato), mentre si scioglie in 130 parti di acqua bollente cristallizzando per raffreddamento. E' insolubile in alcool, è solubile in piridina, in acetone saturo di ammoniaca e nelle soluzioni acquose di solfito di sodio e cianuro di potassio; viene decomposto dagli ossidi alcalini più o meno concentrati, dall'ammoniaca liquida, dall'acido cloridrico e *dall'ac. solforico conc. con forte detonazione.*

Quando è umido col 5% di acqua, l'esplosione non si propaga oltre le parti urtate direttamente; col 25% di acqua s'impedisce l'esplosione sia per attrito che per urto. Da prove eseguite, dopo un mese di esposizione in ambiente saturo di umidità, tanto i fulminati che gli azotidrati assorbono lo 0,0040% di umidità. Allo stato secco il fulminato è pericoloso per la sua forte sensibilità, malgrado si possa così conservare a lungo inalterato. Allo stato umido il fulminato si decompone facilmente.

Al contatto di metalli facilmente ossidabili, formandosi i relativi fulminati, quasi tutti meno sensibili di quello di mercurio, si possono verificare mancate esplosioni, per cui è bene verniciare tutte le capsule con una soluzione alcoolica di gomma lacca al 5-10% fino ad ottenere una densità di 80-90 G.L.

E' da tenere presente che il fulminato si carica soltanto in capsule o detonatori di ottone, rame o di ottone ramato o nichelato, mai di alluminio come invece si fa, con minor spesa, almeno per i detonatori, per l'azoturo o lo stifnato di piombo. La relativa facilità di decomposizione del fulminato allo stato umido, pare in relazione al fatto che l'acido fulminico si polimerizza facilmente. Infatti si conoscono parecchi polimeri: l'acido fulminurico, l'ac. metilfulminurico, la trifulmina, ecc.

E' assolutamente da evitare nel fulminato, per impedire la sua decomposizione, la presenza di mercurio libero facilmente visibile al microscopico.

Per ciò che riguarda la sua forma cristallina, secondo Kast, la varietà grigia è formata da cristalli monoclini di forma normale, e la varietà bianca da un conglomerato di cristalli in forma di lancette.

Da prove eseguite, ho l'impressione che tra i due fulminati non vi sia molta differenza. Però il grigio (figg.109-110-111) pare abbia cristalli più regolari del bianco (figg. 112-113-114). Il fulminato bianco ottenuto purificando l'uno e

Fulminato grigio

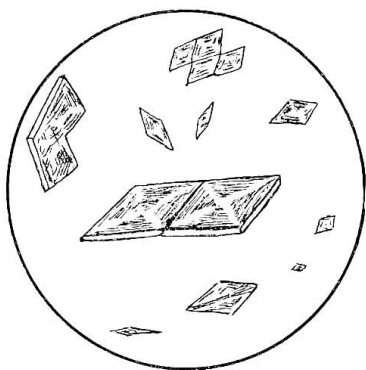



FIG. 109

FIG. 110

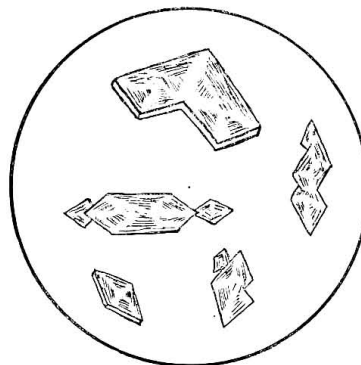
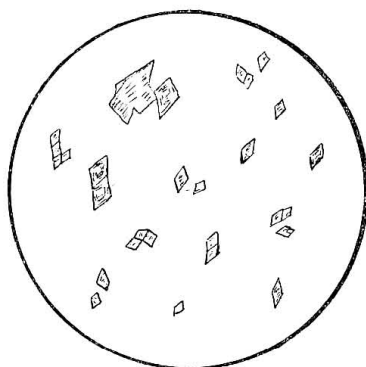
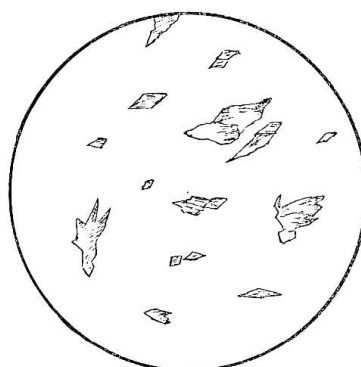
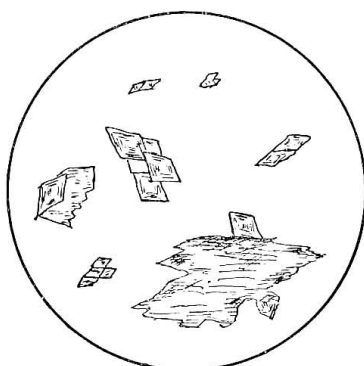



FIG. 111

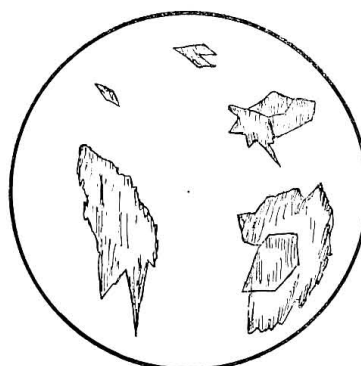



FIG. 112

FIG. 113

FIG. 114

l'altro di questi prodotti sciogliendoli in ammoniaca e precipitandoli con ac. acetico, presenta al microscopio un aspetto molto diverso e conforme alla descrizione di Kast per il fulminato. Operando con ammoniaca, acqua distillata, alcool a 95° e ac. acetico, ho sempre notato per il fulminato grigio una cristallizzazione più regolare di quella per il fulminato bianco ottenuto con la soluzione di cloruro di rame che descriverò in seguito.

Il fulminato di mercurio può essere purificato sciogliendolo in piridina o in ammoniaca e riprecipitandolo rispettivamente con acqua o ac. nitrico al 70%, oppure si può scioglierlo in una soluzione acquosa di cianuro di potassio riprecipitandolo poi con un ac. forte. Con ac. solforico conc. come già detto, detona violentemente.

Il primo sistema però sembra il migliore, poichè si ottiene un prodotto bianco e puro oltre il 99,75%, il quale può mantenersi inalterato, se conservato a temperatura di non oltre 20° per molti anni. Si decompone invece se la temperatura sale oltre i 35°.

Interessante è il sapere che il prodotto puro mantenuto a 50° per 24 ore diminuisce il titolo a 95% e in 30 mesi a 90% e quindi non è più adatto ad essere adoperato.

A 85° c'è il pericolo che dia luogo ad una reazione esplosiva. Secondo studi americani, esploderebbe a 263° C. in meno di 1/10 di secondo e a 210° in meno di 5". La sua temperatura di accensione determinata con riscaldamento progressivo di 5° C. al minuto è di 210° C.

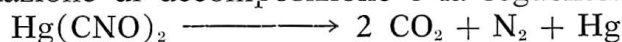
Oltrepassando le 350 atm. nella compressione, il potere innescante del fulminato diminuisce e, quando è supercompresso, non detona più; però, se viene innescato con altro fulminato a pressione normale non solo detona, ma aumenta la velocità.

Secondo Langhans, un mezzo per riconoscere il fulminato di mercurio, sarebbe quello di trattarne due parti con 0,5 parti di acqua e 5 di alcool, agitando e addizionando quindi 10 parti di soluzione al 20% di solfoantimoniato sodico. Si forma un precipitato prima giallo, poi verde oliva e infine bruno. Dopo la filtrazione, la soluzione con ac. nitrico, dà una colorazione rossa.

La temperatura dei gas prodotti nell'esplosione è elevatissima. Essa si aggira sui 3560° dando luogo alla seguente decomposizione:

$HCN — CO_2$	0,15%
CO	65,70
N	32,28
H	1,87

La sua equazione di decomposizione è la seguente:

$$Hg(CNO)_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + N_2 + Hg$$

Un gr. di fulminato di mercurio sviluppa 403,5 cal. Il calore molecolare di formazione è di — 65,4 Kcal.

Le caratteristiche principali del fulminato di mercurio sono le seguenti:

Peso specifico	4,42
Temperatura d'esplosione	184°
Temperatura della fiamma di esplosione	3560°
Calore di formazione Kcal/Kg.	— 221,5
Calore di esplosione Kcal/Kg.	355
Volume gas in litri	356

Forza in Kg. per cmq.	3200
Cavità al blocco di piombo con 10 gr.	150 cc.
Sensibilità alla Berta con 2 Kg., cm.	4
Sensibilità alla Berta con 1 Kg., cm.	10-20
Velocità detonazione m/s	6500
Bilancio O_2	— 11,2%

Come abbiamo detto il suo peso specifico è 4,42 ma la sua densità è 1,35-1,75. Sottoponendolo alla pressione di 200-700-3500 Atm., si può ottenere una densità di 3-3,5-4,3.

Sopra le 3000 Atm. esso risulta supercompresso, non detona più, ed acceso con una fiamma, brucia semplicemente senza detonare.

TABELLA 63

CARICHE LIMITI in gr. PER ALCUNE COPPIE DI ESPLOSIVI

Esplosivo primario / Esplosivo secondario	Tetrile	Melinite	Tritolo	Trinitro-anisolo
Azoturo Ag.	0,02	0,035	0,07	0,26
Azoturo Pb.	0,025	0,025	0,09	0,28
Fulminato Ag.	0,02	0,05	0,095	0,23
Fulminato Hg.	0,29	0,30	0,36	0,37

FULMINATO DI MERCURIO BIANCO

Per ottenere il fulminato di mercurio bianco, s'impiegano le stesse quantità di materie prime necessarie per la preparazione del fulminato grigio descritto. L'unica variante è l'aggiunta di 31-32 cc. per ogni palloncino da l. 5 di nitrato di mercurio di un liquido così formato: Kg. 1 di rame puro sciolto in 4000 cc. di ac. nitrico a 40° Bé. A questa soluzione di nitrato di rame si aggiungono poi Kg. 1,500 di ac. cloridrico a 20° Bé.

Il tutto viene fatto a freddo con forte sviluppo di vapori verdastri dati dal cloro per cui tale liquido viene chiamato anche « *liquido verde* ». La causa della colorazione bianca assunta dal fulminato, come ho detto, non è ancora nota. Lenze l'attribuisce ad una modificazione puramente fisica, ma le ipotesi sono molte.

Da prove che sono state eseguite anche dall'autore, il rendimento dei due fulminati è quasi uguale con una leggera diminuzione per il bianco.

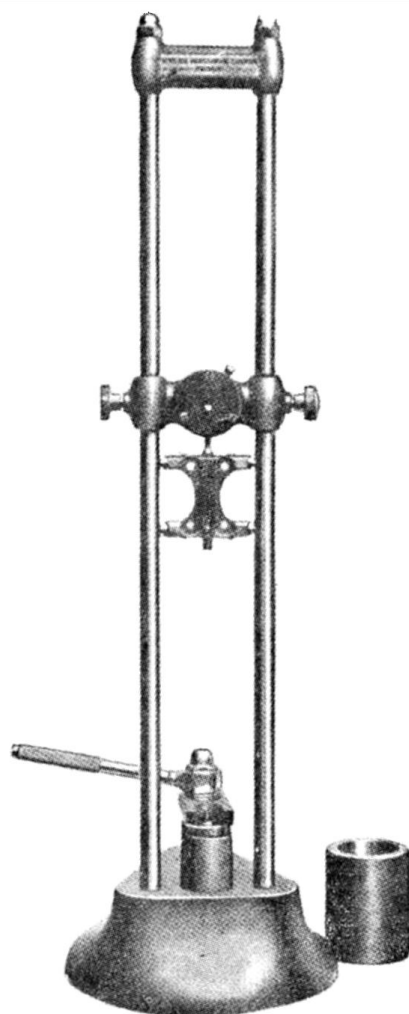



FIG. 115

« Berta » per esplosivi primari.

Il Trauzl del fulminato bianco mi è risultato inferiore al grigio. Infatti la media è stata, su un grammo, di cc. 16,3; quella del grigio di cc. 17 (media su 30 prove).

Alle prove alla « berta » (fig. 115) con grave del peso di gr. 388, ho ottenuto i seguenti risultati dai quali si dedurrebbe che il fulminato bianco è leggermente più sensibile del grigio. Le prove sono state eseguite nello stesso giorno su innesco per cartucce da caccia corazzate.

FULMINATO GRIGIO

Altezza grave mm.	Tipo percussore carabina Beretta	Spessore miscela	Numero capsule	Numero esplose	N.° non esplose
60	Cal. 12	0,95 - 1,05	85	85	—
50	» »	» »	»	84	1
40	» »	» »	»	31	54
30	» »	» »	»	74	11
20	» »	» »	»	3	82
15	» »	» »	»	—	85

FULMINATO BIANCO

Altezza grave mm.	Tipo percussore carabina Berretta	Spessore miscela	Numero capsule	Numero esplose	Numero non esplose
60	cal. 12	0,95 - 1,05	85	85	—
50	» »	» »	»	85	—
40	» »	» »	»	82	3
30	» »	» »	»	34	51
20	» »	» »	»	5	80
15	» »	» »	»	2	83

Densità del fulminato di mercurio

Anche su questo punto pochi sono d'accordo. Infatti Berthelot ci dà una densità di 4,42; Solonina di 4,39 per un prodotto bianco purificato sciogliendolo e cristallizzandolo in una soluzione di cianuro di potassio. Infine Miles ha trovato 4,307 per un prodotto bianco con titolo del 99,9% di fulminato.

Marcel Patry in un volumetto « Combustion et detonation des substances explosives » edito nel 1933, riferisce di aver tentato di trovare una relazione tra densità, colore, purezza con differenti preparazioni. Le misure delle densità sono fatte col picnometro a 0°, impiegando come liquido una mescolanza di xileni. Ecco i risultati ottenuti:

Colore	Tenore di fulminato	Densità
bianco	99,7%	4,32
bianco	99 %	4,36
bianco	98 %	4,38
grigio	97 %	4,40

Il colore dunque ha un'influenza lievissima, ma la densità è tanto più elevata quanto il fulminato è meno puro. La causa di tale differenza sembra dipendere dal mercurio metallico libero.

Azione delle radiazioni ultraviolette - Il fulminato di mercurio bianco lasciato a lungo al sole, dice Patry, assume un colore giallastro per cui si è pensato a sottoporlo all'azione dei raggi ultravioletti sotto una lampada a vapori di mercurio. La superficie del fulminato ha cambiato completamente colore diventando bruno nerastra nello spazio di qualche ora. Tale trasformazione si è verificata sia col fulminato bianco che col grigio. Siccome tale colore si verificava solo alla superficie, si è dovuto rimescolare tutti i giorni per un mese circa, la massa.

L'analisi di questo esplosivo ha dimostrato che il suo tenore in mercurio è quasi uguale a quello del fulminato non sottoposto ai raggi ultravioletti.

Prodotti analizzati	Tenore di mercurio
Fulminato bianco con titolo 99,7% secondo la reazione di Brownsdon, cioè titolando (adoperando come indicatore l'eliantina) con ac. solforico N/10 dopo averlo sciolto in una soluzione di iposolfito di sodio	70,8%
Lo stesso prodotto dopo sei giorni di esposizione . .	71,3%
Lo stesso prodotto dopo 1 mese di esposizione . . .	71,3%

Temperatura d'esplosione del fulminato - Gli studi fatti sulla temperatura d'esplosione variano da autore ad autore. Berthelot trova 187°, Woler e Metter indicano 190° se si scalda il fulminato bruscamente, 160-165° se si scalda lentamente (elevando la temperatura di 5° al 1'). Hoitsema segnala che alzando la temperatura lentamente, il fulminato può detonare a 133°. Infine Taffanel, Dautriche, Durr, Perrin hanno ottenuto l'esplosione a 142°. Ad ogni modo è risultata che essa è tanto più elevata quanto più la sua velocità è grande. Gli studiosi quindi servendosi di velocità di riscaldamento variabili, non vanno d'acccordo sui dati, inoltre essa dipende dalla quantità di esplosivo adoperata, dal metodo sperimentale e dalla quantità di carica.

Una particolarità dei fulminati è che le loro temperature di detonazione oscillano sui 200° e, a differenza degli azotidrati, sono indipendenti dai componenti metallici.

Decomposizione lenta ed esplosione del fulminato - Il fulminato scaldato con precauzione si decompone lentamente lasciando un residuo giallo-bruno inerte avente cristalli della stessa forma del fulminato. Quindi fu considerato come un prodotto di isomerizzazione e di polimerizzazione. Nel 1922 Langhans e Farner dimostrarono che la proporzione in mercurio del prodotto scaldato passa da 70,42% (fulminato puro) a 76,4% in 72 ore a 82°. Il prodotto residuo è allora insensibile alla fiamma.

L'aumento del tenore in mercurio proporzionale alla durata del riscaldamento e il residuo, consiste in un miscuglio di composti mercurosi e mercurici. Nel 1928 tali studi furono riconfermati da Tamman e Krogu.

Ricupero dell'alcool dal fulminato - Al liquido che si raccoglie nelle giare, si aggiunge soda caustica a 36 Bé nelle proporzioni di circa il 36%. Dopo neutralizzazione controllata con una cartina di tornasole, si manda il liquido in un alambicco riscaldato ad olio a 100-110°. Si ricava circa il 50% dell'alcool adoperato per il fulminato con una gradazione di 78-85° GL che si può riadoperare per smorzare la reazione durante la fabbricazione.

Ricupero del mercurio - Il liquido denso e biancastro rimasto in fondo all'alambicco, ai palloni e nella vasca di decantazione, si può recuperare in parte aggiungendo acido cloridrico.

Il lavoro di pulizia di tutti i pozzetti ed i pozzi di scarico della fulminateria va fatto almeno due volte all'anno.

COME VIENE ADOPERATO IL FULMINATO DI MERCURIO E CON QUALI COMPONENTI PUO' VENIR MISCELATO SIA A SECCO CHE AD UMIDO. FORMULE PER MISCELE INNESCANTI

Il fulminato si adopera quale sostanza innescante; appartiene quindi, come ho detto, agli esplosivi primari come l'azotidrato, lo stifnato di piombo, il tetrazene, ecc. che in seguito vedremo. Però, sia per ragioni economiche, sia per minor sensibilità, s'impiega in miscela con sostanze diverse come clorato di potassio, solfuro di antimonio, nitrato di bario, solfocianuro di piombo e di potassio, ferro e ferricianuri, cromati e bicromati, pentrite, T_4, ac. picrico, diazodinitrofenolo o DDNP, ecc. a seconda degli inneschi che si devono caricare.

Tali elementi da aggiungere al fulminato possono essere di tre tipi:

Sensibilizzatori e cioè dei prodotti che aumentano la sensibilità all'urto e allo sfregamento dell'esplosivo primario, ma che non prendono parte alla reazione. Questo è il caso della polvere di vetro e del carborundum.

Portatori di ossigeno come il clorato di potassio, il nitrato di potassio e di bario, il perossido di piombo, ecc.

Combustibili come il solfuro di antimonio, il siliciuro di calcio o come la gomma lacca o la gomma arabica che nello stesso tempo servono da leganti.

Come vedremo in seguito, allo scopo di diminuire la corrosione delle armi, ora si preferisce adoperare miscele a base di stifnato di piombo e di nitrato di bario.

Il fulminato si adopera puro quale sostanza innescante dei detonatori o per capsule per uso bellico.

Il miscuglio delle miscele, come diremo in seguito, deve essere assolutamente intimo per evitare che il fulminato esploda da solo senza infiammare la materia aggiuntagli, che in tal caso verrebbe semplicemente proiettata all'intorno (Vedi figg. 186-187-188).

Le materie che vengono mescolate al fulminato, aumentando il volume dei derivati dalla sua esplosione, ne rallentano l'azione lacerante e permettono alla fiamma sviluppatasi nell'innesco, di espandersi e di comunicare con la carica per produrre lo scoppio.

Negli inneschi per cartucce da caccia, onde ottenere buoni risultati, si è pensato di comporre delle miscele di cui la più nota è quella di fulminato e clorato di potassio con l'aggiunta, in seguito, di solfuro di antimonio.

Infatti dall'equazione di decomposizione del fulminato, vediamo che esso produce ossido di carbonio, quindi per trasformarlo in anidride carbonica occorre trarre l'ossigeno necessario da un'altra sostanza ossidante, tipo il clorato di potassio. Infatti col clorato si ha una decomposizione con la seguente equazione:

$$3\,Hg\,(CNO)_2 + KClO_3 \longrightarrow 3\,Hg + 6\,CO_2 + 3\,N_2 + 2\,KCl$$

dalla quale si deduce il 29% di clorato e il 71% di fulminato. I migliori risultati furono ottenuti però con la miscela 80% di fulminato e 20% di clorato.

Le miscele di fulminato si possono comprimere fino a 260 Atm. Alcune fabbriche preferiscono, per maggior sicurezza, caricare le miscele a umido anzichè allo stato secco e impastano i tre composti, fulminato, clorato, solfuro o i solfocianati, con una soluzione abbastanza densa di gomma arabica o di resine. Apposite macchine immergono dei pistoncini nella soluzione di gomma ed esplosivo, sempre in agitazione e li portano poi al disopra delle capsule lasciandovi cadere dentro le gocce nella quantità desiderata o altrimenti fanno una pasta che poi spalmano su un porta capsule in cui sono state messe in precedenza le capsule; quindi, dopo livellamento con una spatola, vengono tolte e portate in essiccatoio.

Le miscele più comuni di fulminato di mercurio, clorato e solfuro, alcune delle quali servono oltre che per uso bellico anche per caccia e per capsule per giocattoli sono le seguenti:

Fulminato di Hg % .	16	20	40	20	19	55	50	30	37,5	26	75
Clorato di K % . .	42	40	40	35	38	33	25	—	37,3	55	—
Solfuro di Sb % . .	42	40	20	35	43	12	25	25	25,2	19	5
Pentrite %	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—
Polvere di vetro % .	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—
Nitrato di Ba % . .	—	—	—	—	—	—	—	35	—	—	16
Carbonato di Ba % .	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—
Perossido di Pb % .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4

Il peso di miscela per ogni capsula varia, a seconda dei tipi, da un minimo di gr. 0,02 ad un massimo di 0,1. E' inutile dire che ogni fabbricante per ogni capsula ha un suo piccolo segreto.

Tali segreti variano dalla granitura dei componenti all'aggiunta di piccole quantità di altre sostanze, dalla pressatura alla verniciatura di certe capsule ed altre piccole cose. Molte volte le miscele vengono anche mascherate con sostanze che, all'analisi, imbrogliano le carte anche ai migliori analisti.

Ad alcune miscele innescanti ad umido si sono aggiunti, come sopra detto, olio, colla, gelatine come flemmatizzanti o agglomeranti per cui sono sorte delle formule di questo tipo:

	%	%	%	%
Fulminato di mercurio	15 - 40	13,7	16,3	33,9
Clorato di potassio	20 - 50	41,5	51,3	26,1
Gelatina	0,5 - 2	0,7	0,7	1,3
Solfuro di antimonio	30 - 35	33,4	32,9	—
Carburo di silicio	10 - 20	—	—	—
Polvere di vetro	— - —	10,7	—	43,2

In Francia vengono adoperate a secco formule come le seguenti:

Fulminato di mercurio	40%	40%
Clorato di potassio	30%	—
Nitrato di potassio	—	30%
Solfuro di antimonio	30%	30%

E' da notare inoltre, come già detto, che la potenza innescante di una sostanza non è in relazione con la forza esplosiva, infatti essa varia a seconda dell'esplosivo in questione. Per es. il fulminato fa detonare molto bene l'acido picrico, mentre l'azotidrato di piombo fa detonare meglio il tritolo.

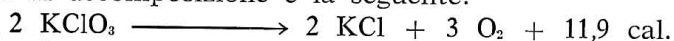
PRODOTTI ADOPERATI PER LE MISCELE LORO CARATTERISTICHE E ANALISI

Clorato di potassio - Tale sale esplode sia per un urto molto violento, sia per riscaldamento rapido. E' un ossidante molto energico, infatti, secondo Bayling, 1 gr. di sostanza dà per scissione esplosiva:

$$O_2 = 0,392$$

Diventa esplosivo, mescolato ad un combustibile qualunque come carbone, solfo, composti solforati poco stabili, segatura, zucchero, ecc.

La reazione di decomposizione è la seguente:

$$2\ KClO_3 \longrightarrow 2\ KCl + 3\ O_2 + 11,9\ cal.$$

Per essere adoperato nelle miscele primarie deve avere una purezza non inferiore al 99%, non deve contenere bromati, cloruri, solfati, nitrati, ipocloriti. Sono tollerate soltanto tracce di cloruri e di alcali.

Solfuro di antimonio - Questo composto sostituisce vantaggiosamente lo solfo nelle miscele cloratate, inoltre la sua struttura cristallina rende la miscela più sensibile. Per il suo impiego occorre verificare che non sia impuro di solfuro di ferro e piombo, che contenga soltanto tracce impercettibili di solfuro di arsenico. Trattato con ac. cloridrico non deve lasciare un residuo superiore allo 0,8%. In tal caso il solfuro conterrà silice che lo renderà più sensibile aumentando notevolmente gli scoppi durante le pressate e specialmente durante la seconda pressata che si fa in quasi tutte le capsule dopo la tranciatura della rondellina di carta o stagnola.

Nitrato di bario - Il nitrato di bario si adopera in sostituzione del clorato per alcuni tipi di inneschi e specialmente Flobert, scacciacani, capsule per armi di precisione e da tiro onde diminuire l'imbrattamento delle canne delle armi e nelle capsule INOX come vedremo più avanti, per le miscele inossidabili allo stifnato di piombo. Esso inoltre sviluppa meno gas, avendo una composizione più lenta dei nitrati alcalini ed essendo più progressivo. Ha però l'inconveniente di essere più igroscopico del clorato e quindi il suo miscelamento con gli altri componenti è più difficile. Per l'uso non deve essere impuro di clorati e solfati.

Solfocianato di mercurio, di piombo, di potassio; ferri e ferrocianuri - Tali composti sono pochissimo usati ed hanno le stesse funzioni del solfuro di antimonio. Sono state fatte miscele sensibili di solfocianuro di piombo e clorato di potassio.

Cromati e bicromati - Hanno la proprietà di cedere facilmente l'ossigeno, ma sono piuttosto pericolosi. Hanno dato buoni risultati nelle miscele antiruggine.

Pentrite e T_4 - Questi due esplosivi secondari non flemmatizzati sono qualche volta uniti al fulminato, clorato e solfuro per aumentare la loro potenza esplosiva. Alcune prove fatte anche dall'autore, hanno dato buoni risultati, poichè hanno anche la proprietà di scorrere bene nelle tramogge, cosa che non succede per es. per il TNT. Si adoperano specialmente per capsule militari speciali. Ecco per es. delle formule da me sperimentate con buoni risultati per capsule da caccia:

	%	%	%
Fulminato di mercurio	38	38	38
Pentrite	15	14	15
Solfuro di antimonio	39	42	40
Clorato di potassio	7	3	—
Bicromato di potassio	1	3	2
Nitrato di bario	—	—	5

L'ultima formula ha dato ottimi risultati anche nelle capsule antiruggine di prova.

Biossido di piombo - Chiamato anche impropriamente perossido di piombo. E' una polvere amorfa di color bruno scuro da cui il nome di **ossido pulce.** Viene aggiunto in piccole proporzioni (0,5-1%) nelle miscele normali per aumentare la densità e la scorrevolezza. Esso deve essere assolutamente puro. E' un energico ossidante per cui viene messo nella proporzione del 3-4% nelle capsule Inox. In forte quantità flemmatizza la miscela.

Distruzione del fulminato

Molte volte capita di dover distruggere del fulminato o perchè non ben cristallizzato o perchè avariato o per altri motivi. Esso si distrugge con soluzioni di alcali caustici e di solfato ferroso. L'acido solforico, i solfuri, i polisolfuri alcalini lo decompongono con formazione di solfuro di mercurio. Si può distruggere benissimo anche con iposolfito di sodio.

ANALISI DELLE MATERIE PRIME PER LA FABBRICAZIONE DEL FULMINATO E DELLE MISCELE CON ESSO COMPOSTE

ACIDO NITRICO - Deve avere una densità di almeno 1,4 corrispondente a 42° Bé.

Non deve contenere più dell'1% di ac. nitroso. Devono essere assenti HC1 e H_2SO_4.

MERCURIO - Il mercurio deve avere lucentezza metallica e peso specifico 13,54, non deve contenere più dello 0,1 di metalli estranei, che si determinano evaporando in crogiolo di porcellana 10-15 gr. di prodotto; non deve rimanere alcuna traccia. Fatto scorrere su una lastra di porcellana o di vetro non deve lasciare alcun segno. In ac. nitrico deve sciogliersi completamente. Con ac. cloridrico a freddo non deve essere intaccato.

ALCOOL ETILICO - Le impurezze che si ricercano nell'alcool sono:

L'olio di flemma - Si ricerca evaporando fino a 5 cc. 50 cc. di alcool in esame, cui si sia aggiunto un cc. di soluzione conc. di potassa caustica; il residuo

trattato fino a reazione acida con ac. solforico diluito, non deve dare odore di flemma.

Acidità - Si determina titolando 100-200 cc. di alcool con soluzione N/100 di NaOH in presenza di fenolftaleina come indicatore. Non si deve consumare più di 1 cc. di alcali.

Sostanze di natura aldeidica - Si ricercano trattando 10 cc. di alcool con una soluzione all'1% di permanganato di potassio: entro 20' non si deve avere colorazione del liquido.

Ricerca del furfurolo - Si ricerca aggiungendo a 10 cc. di alcool 10 gocce di anilina distillata di fresco e 1 cc. di ac. acetico glaciale: in presenza del furfurolo si ha subito una colorazione rossa.

CLORATO DI POTASSIO - Deve essere di una purezza non inferiore al 99%. Non deve contenere tracce di **bromato di potassio**, di cloruri, di solfati. Si deve sciogliere completamente in acqua. Inoltre deve essere esente da nitrati, da ipocloriti e da bromati.

NITRATO DI BARIO - Deve avere una purezza non inferiore al 99%. E' tollerata la presenza di porzioni minime di alcali, cloruri e metalli pesanti, inoltre deve essere molto ben essiccato.

SOLFURO DI ANTIMONIO - Il solfuro di antimonio deve sciogliersi completamente in ac. cloridrico conc. Deve essere esente da arsenico, da silice e da ac. solforico libero.

ANALISI DEL FULMINATO DI MERCURIO

I metodi per compiere l'analisi del fulminato sono diversi: ne descriverò uno tra i principali.

Si pesano gr. 0,5 di fulminato, si sciolgono in 12 parti di acqua regia e si evapora fino a sviluppo di vapori rossi. Si diluisce fino a 100 cc. e si esegue l'elettrolisi in un bicchiere di vetro usando elettrodi di Netz con corrente continua a 6 Volts e 1 Amp. Occorre ricordare che il cestello di platino va fatto asciugare in essiccatoio con pezzi di potassa e un recipiente contenente mercurio.

Riporterò un'analisi che ho eseguito in questo modo: teoricamente su 0,5 gr. di fulminato si dovrebbe ottenere, secondo il seguente calcolo, 0,7046% di mercurio. Infatti:

Peso molecolare del mercurio = 200,61
Peso molecolare del fulminato = 284,645
200,61 : 284,645 = X : 0,5 da cui
X = 0,3523 0,3523 × 2 = 0,7046%

Ho trovato invece: nel fulminato grigio 0,6904
nel fulminato bianco 0,7006

MISURE SPERIMENTALI SUL FULMINATO DI MERCURIO APPLICABILI ANCHE AGLI ALTRI ESPLOSIVI PRIMARI

Trauzl - Si fa a circa 20° in cilindri di piombo di prima fusione del diametro e dell'altezza di mm. 60. Al centro dei cilindri e secondo l'asse, deve essere praticato un foro di mm. 7 e della profondità di mm. 33.

Un disco di acciaio dello stesso diametro del cilindro di piombo porta nel suo centro un gambo di diametro uguale al foro del cilindro e lungo 18 mm.; tale gambo è forato per tutta la sua lunghezza. Il foro è di mm. 1. Inferiormente il disco di acciaio porta un anello circolare tagliente concentrico al disco stesso.

La prova si fa con 1 gr. di fulminato introdotto nel foro del trauzl che viene compresso col gambo del disco di acciaio esercitando una conveniente pressione; s'incastra l'anello circolare nel piombo mediante una staffa di ferro disposta sopra il piano di una berta, in modo che detta staffa unisca solidamente cilindro e disco.

Mediante una capsula applicata al luminello che sporge dal disco, si fa detonare il fulminato facendo cadere la massa battente della berta con una cordicella, in modo da permettere all'operaio di stare al riparo.

L'esplosione del fulminato avviene senza forte detonazione.

Tolta la staffa del cilindro, si verifica che la cavità prodotta sia di almeno 16 cc. ciò che si fa misurando la quantità di acqua che vi può essere contenuta, come per gli esplosivi da mina. Per gli altri esplosivi primari si opera nello stesso modo.

Altra prova è quella di accertarsi con un microscopio che il fulminato abbia cristallizzazione regolare, esente da eccessivo pulviscolo e da cristalli geminati, ed esente da mercurio metallico.

ANALISI DELLA MISCELA TERNARIA FORMATA DA FULMINATO-CLORATO DI POTASSIO-SOLFURO DI ANTIMONIO

Contenuto in umidità - Gr. 0,5 di miscela posta in un pesa filtro viene asciugata in un essiccatore al cloruro di calcio puro per 16-24 ore.

Fulminato di mercurio più lacca - Gr. 0,5 di miscela verranno posti in un crogiolo di porcellana a fondo poroso e in un primo tempo lavati tre volte con 15 gr. di piridina fredda, in un secondo tempo lavati tre volte con 15 cc. di piridina calda.

Quello che rimane sarà poi essiccato a 110° per mezz'ora. La differenza riscontrata in peso sarà il contenuto di fulminato più lacca. Non occorre che la piridina sia perfettamente pura, è sufficiente abbia la base piridinica.

Per togliere il fulminato di mercurio, un mezzo è pure quello di adoperare per quattro volte 15 cc. di acetone freddo, privo d'acqua, con gas di ammoniaca satura oppure con ammoniaca alcoolica.

Clorato di potassio - Liberato il fulminato di mercurio più lacca, quello che resta nel crogiolo verrà trattato per tre volte con 20 cc. d'acqua fredda in modo da sciogliere il clorato. Il rimanente verrà essiccato a 110°.

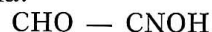
Trisolfuro di antimonio - Liberato il clorato, quello che resta verrà trattato con 20 cc. di cloruro d'ammonio caldo diluito al 10%, poi con 20 cc. di cloruro d'ammonio concentrato al 37%, e si termina con 20 cc. di ac. nitrico concentrato caldo alla densità di 1,4; si lava poi tre volte con circa 10-15 cc. d'acqua. La differenza in peso dopo essiccato a 110° sarà il contenuto di trisolfuro di antimonio.

Polvere di vetro più impurità - Sarà tutto quello che rimane nel crogiolo.

FULMINATO ORGANICO (p.m. 72,022)

Circa una quindicina di anni fa un chimico spagnolo sintetizzò il così detto « **Fulminato organico** » protetto da brevetto internazionale rilasciato a Madrid.

Esso ha la seguente formula:

CHO — CNOH

Per la sua fabbricazione occorre sciogliere 28 gr. di urotropina in 83,2 cc. di acqua ossigenata a 110 volumi.

Naturalmene questa reazione produce un forte riscaldamento per cui è necessario raffreddare fino a 28-30° C.

Finita tale operazione non oltrepassando i 30° si mantiene questa temperatura; si aggiungono poi di colpo 25 cc. di ac. nitrico a 40° Bé. Tale reazione avviene producendo calore, ma occorre fare in modo di non oltrepassare i 60°. Quando scende a 50° si aggiungono altri 15 cc. di ac. nitrico a 40° Bé.

A questo punto si ha un precipitato che va filtrato e lavato con molta acqua fredda. Si lascia poi asciugare a temperatura ambiente: in tal modo si ha una massa di microcristalli con un rendimento di circa l'80% dell'urotropina adoperata.

Secondo quanto scrive lo scopritore di tale fulminato, esso ha un rendimento molto superiore al fulminato di mercurio e precisamente, se per la preparazione di inneschi o capsule detonanti il quantitativo di fulminato di mercurio è del 30%, per quanto riguarda il fulminato organico è sufficiente il 17% per ottenere lo stesso risultato.

Inoltre tale fulminato microcristallino non è igroscopico, non intacca i metalli e, dice sempre lo scopritore, si conserva indefinitamente.

Per il caricamento di capsule ed inneschi occorre mescolarlo con siliciuro di calcio, perossido di piombo in polvere, nitrato di bario, polvere di Alluminio o di Zirconio o di Magnesio. Il costo di tale prodotto sarebbe molto inferiore al fulminato di mercurio e la sua maneggevolezza più sicura.

FULMINATO DI ARGENTO (p.m. 149,9)

Il fulminato di argento (AgCNO) è un iniziatore leggermente migliore del composto mercurico, ma troppo costoso e pericoloso. Cristallizza in aghi bianchi e lucenti, poco solubili in acqua fredda, più solubili in acqua calda. Detona a 130° e secondo altri a 170°, imbrunisce alla luce ed è più sensibile all'urto del fulminato di mercurio. Calore formazione Kcal/Kg. = —470.

Fabbricazione

La fabbricazione è identica a quella del fulminato di mercurio; naturalmente invece del mercurio si adopera l'argento. Una parte si mette a sciogliere in 20 parti di ac. nitrico a D = 1,37 facendo poi reagire tale soluzione con 27 parti di alcool a 95° scaldando a bagno maria (Gay Lussac e Liebig). Il precipitato formatosi, si lava come il fulminato di mercurio. La reazione è inferiore come violenza a quella del sale di mercurio, ma la sua preparazione è più pericolosa e delicata

essendo il fulminato d'argento sensibile alla frizione anche ad umido. E' usato soltanto a scopo militare dagli Stati Uniti e dalla Marina Italiana per detonatori speciali. Nel 1916 in America fu dimostrato che il fulminato d'argento aveva una potenza innescante superiore al fulminato di mercurio, era meno igroscopico e più stabile. Ma l'alto costo consigliava di adoperarlo solo per alcuni tipi di capsule.

Riporto qui sotto le temperature di detonazione di vari fulminati, alcuni dei quali mai adoperati, determinati da Wokler e Martin:

TABELLA 64

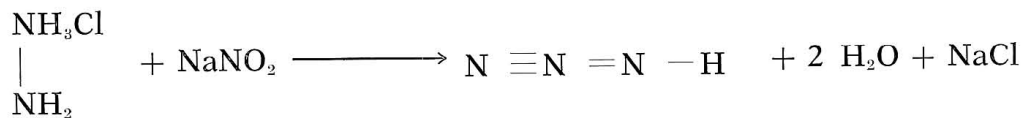
Fulminato di argento	170°
» » mercurio . . .	215°
» » cadmio	215°
» » rame	205°
» » sodio	215°
» » potassio . . .	225°
» » tallio	120°

AZOTIDRATI

Gli azotidrati chiamati in Francia **Azoturi** e in Germania **Azid,** sono sali dell'acido azotidrico che hanno acquistato, in questi ultimi anni, importanza pratica grandissima per la fabbricazione di detonatori civili e militari e per certi tipi di capsule militari.

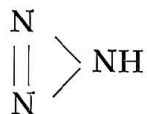
L'acido azotidrico (p.m. 43,03) che si conosce allo stato libero, è un liquido che bolle a 37° e solidifica a — 80°, è solubile in acqua, alcool ed è fortemente esplosivo, conduce poco la corrente elettrica (Peratoner e Oddo), il suo calore di formazione è di 61,6 cal.

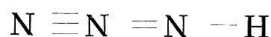
Si prepara per azione del nitrito sodico sul clorato di idrazina secondo la reazione:

$$\begin{array}{l} NH_3Cl \\ | \\ NH_2 \end{array} + NaNO_2 \longrightarrow N \equiv N = N - H \quad + 2\ H_2O + NaCl$$

I suoi sali di piombo, di argento, di mercurio sono stati preparati per la prima volta da Curtius nel 1890.

Il più importante di tali sali è senza dubbio quello di Piombo del quale parleremo a lungo più avanti.

La formula dell'ac. azotidrico, secondo Curtius era la seguente:

$$\begin{array}{l} N \\ \| \rangle NH \\ N \end{array}$$

mentre secondo Angeli, in base anche a misure fisiche, è la seguente e pare ormai accertata:

$$N \equiv N = N - H$$

AZOTIDRATO DI SODIO (p.m. 65,02)

L'azotidrato di sodio (NaN_3) viene preparato col metodo Wislicenus facendo reagire amide sodica con ossidulo d'azoto secondo il seguente schema:

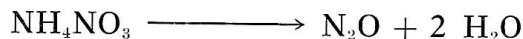
$$2\ NaNH_2 + N_2O = NaN_3 + NaOH + NH_3$$

L'impianto per questa lavorazione consiste di quattro attrezzature distinte (fig. 116):

1) Apparecchiature per lo svolgimento dell'ossidulo di azoto;
2) Caldaie per la preparazione della sodio amide;
3) Apparecchi per la reazione fra sodio-amide e ossidulo d'azoto e cioè i così detti « tamburi »;
4) Impianto per la purificazione, cristallizzazione ed essiccamento dell'azotidrato di sodio.

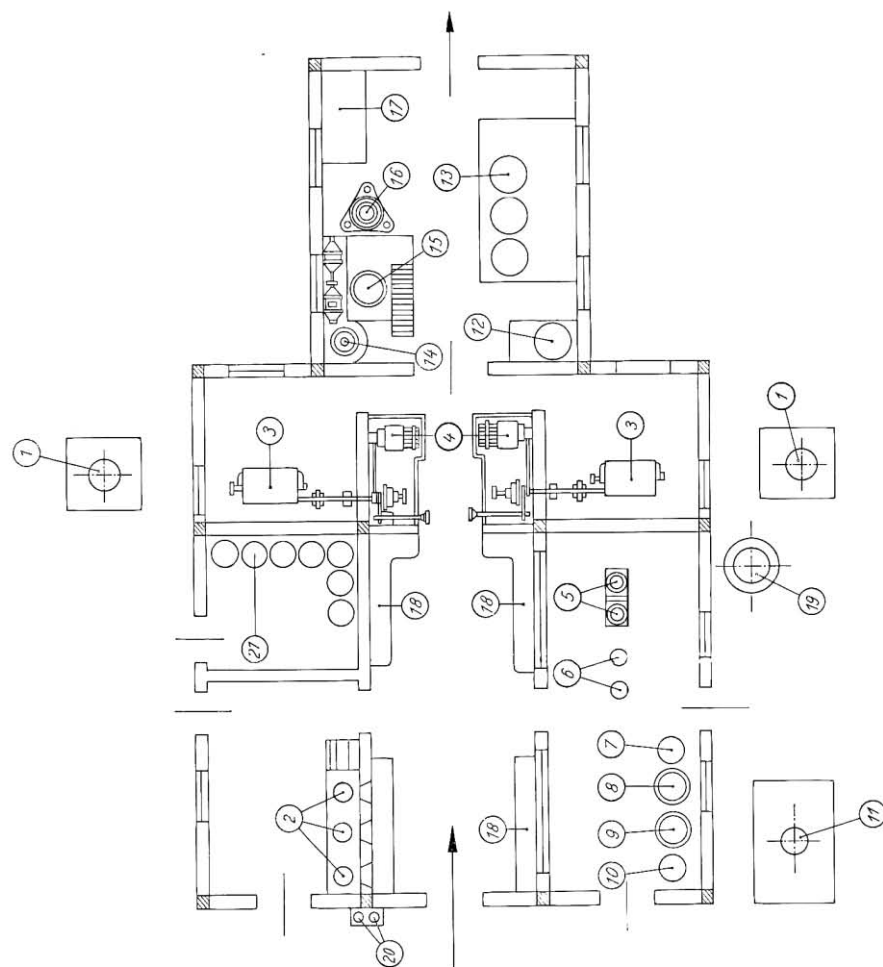
OSSIDULO DI AZOTO (p.m. 30,008)

L'ossidulo di azoto (N_2O) si ottiene per decomposizione del nitrato ammonico secondo lo schema:

$$NH_4NO_3 \longrightarrow N_2O + 2\ H_2O$$

L'apparecchiatura per la produzione dell'ossidulo di azoto consiste in una caldaia in acciaio inossidabile della capacità di circa 150 litri, munita sul fondo di un rubinetto di scarico.

Il bordo superiore è costituito da una flangia che permette di fissarvi, a perfetta tenuta, un coperchio che porta un tubo centrale per lo svolgimento del gas. Da questo si stacca un tubo laterale di grandi dimensioni per il collegamento ad una valvola di sicurezza a sifone. Il coperchio porta pure due spie di vetro pirex, il foro per il termometro ed un tubo per il rifornimento della soluzione concentrata del nitrato ammonico (fig. 117).

Affinchè la decomposizione del nitrato ammonico avvenga in modo

SCHEMA DI IMPIANTO DELL'AZOTURO DI SODIO
LEGGENDA
1 Recipiente ricupero NH_3
2 Caldaia sodiamide
3 Tamburo di reazione
4 Motoriduttori
5 Filtri a calce
6 Colonne lavaggio gas
7 Refrigerante
8 Caldaina ossidulo d'azoto
9 " " "
10 Distributore NH_4NO_3
11 Vasca soluzione NH_4NO_3
12 Solutore NaN_3
13 Recipienti raccolta sol. NaN_3
14 Refrigerante
15 Concentratore
16 Centrifuga
17 Essiccatoio
18 Banchi d'analisi
19 Gasometro ossidulo
20 Bombole NH_3
21 Magazzino Na
N.B. Controllo temperature di tamburi con pirometri a distanza

regolare e completo, è opportuno, ogni qualvolta si inizia la reazione, vale a dire all'inizio di ogni campagna di produzione, introdurre nella caldaia una miscela intima, costituita da venti parti di nitrato ammonico e 12 parti di nitrato sodico; questa operazione viene fatta anche

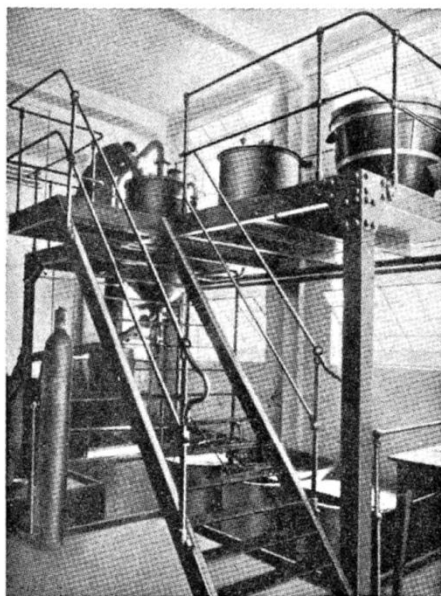



FIG. 117

Impianto dell'azotidrato di sodio.

periodicamente quando, dopo qualche tempo, la produzione del gas tende a diventare anormale; si scarica allora la caldaia e si ricarica come si è detto sopra.

La massa viene riscaldata fino a 220°; vi si lascia colare lentamente una soluzione di nitrato ammonico, curando che il livello della massa bollente non abbia nè a diminuire nè ad aumentare; la temperatura si mantiene quindi a circa 230°. Il gas che si svolge, ossidulo di azoto impuro, è mescolato a vapor d'acqua; questo viene condensato da un refrigerante adatto e il gas viene diretto verso una serie di giarre di lavaggio. A queste arriva attraverso un apparecchio in vetro che serve sia da collettore dell'acqua condensata sia da valvola a sifone d'acqua per regolare la pressione.

Il gas passa, come si è detto, attraverso tre bottiglie di lavaggio contenenti nell'ordine: acido acetico glaciale, idrossido di sodio al 20% e acido solforico concentrato; infine, prima di essere inviato nel tamburo di reazione, si fa passare attraverso un filtro ad ossido di calcio che trattiene le ultime tracce d'umidità eventualmente ancora presenti.

La temperatura di reazione deve essere mantenuta entro i 230°; un

aumento oltre i 236° provocherebbe formazioni di gas tumultuosi e anormali e quindi il relativo scarico del sifone di sicurezza.

Per moderare la temperatura, oltre che abbassare ed aumentare il gas di riscaldamento, si può aumentare o diminuire l'immissione del nitrato ammonico nella caldaia.

La soluzione di nitrato ammonico viene preparata sciogliendo in acqua tanto nitrato da avere una soluzione a 29-31° Bé (equivalente al 55% di nitrato ammonico).

A soluzione avvenuta, se ne preleva un campione filtrato di 50 cc. e si titola con ac. solforico normale in presenza di metil arancio. Con aggiunta di ac. nitrico o di ammoniaca si porta quindi la soluzione ad una basicità tale che per neutralizzarne 50 cc., occorrono circa 18-22 cc. di ac. solforico normale (alcalinità espressa in NaOH 1,6% circa).

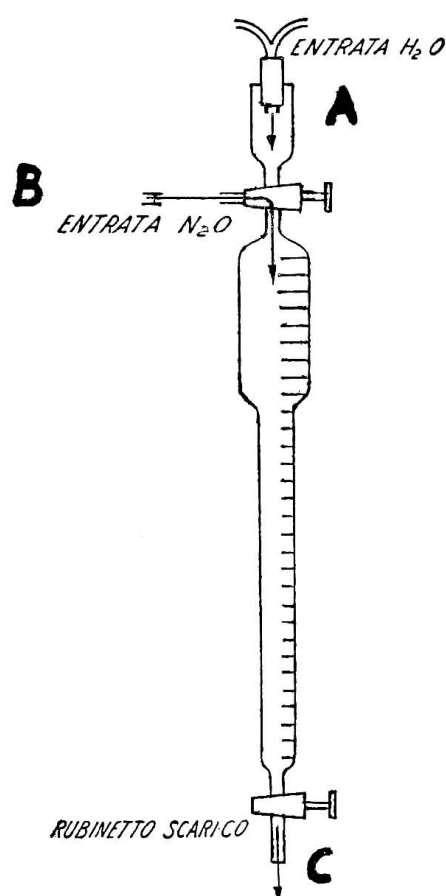



FIG. 118

Buretta graduata per analisi ossidulo d'azoto.

Analisi dell'ossidulo d'azoto - L'analisi dell'ossidulo d'azoto, pur non essendo rigorosa è di una estrema facilità e conduce a risultati sufficientemente esatti.

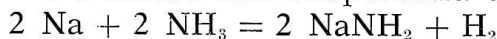
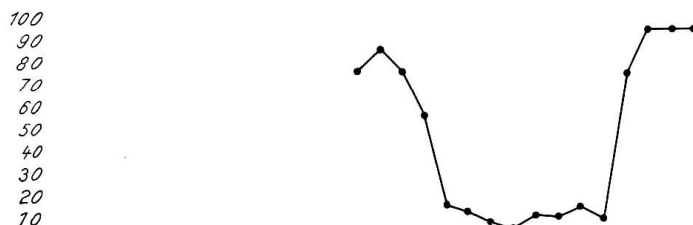
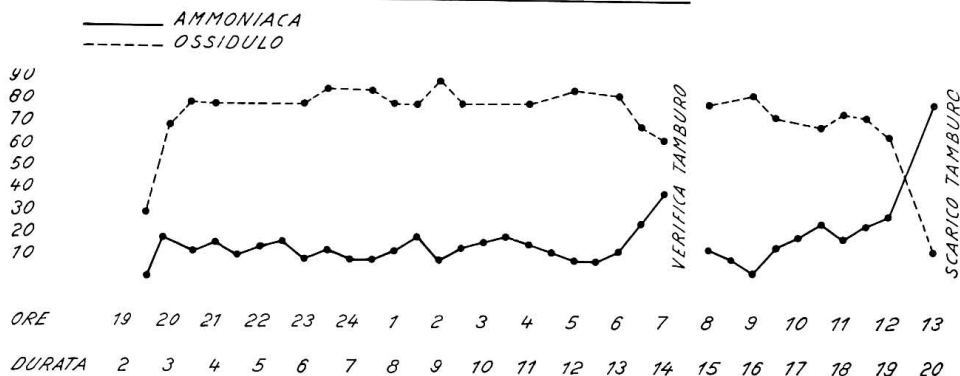
Il gas in esame viene prelevato prima che entri nel tamburo ed immesso in una buretta graduata (fig. 118). Esso entra da B ed esce da C. Al momento di eseguire l'analisi si chiude C, si mette B in posizione tale che l'acqua scorra nella buretta ,e si riapre subito C. In tal modo l'ossidulo viene posto a contatto dell'acqua stessa; esso è poco solubile in acqua, occorre perciò un certo tempo

prima che il livello di essa si sia stabilizzato. Quando non si notano più variazioni di volume, si fa la lettura che dà senz'altro la percentuale dell'ossidulo.

In fabbricazione si produce un miscuglio di gas costituito da 95% di ossidulo e 5% di aria.

AMIDE SODICA (p.m. 39,019)

L'amide sodica ($NaNH_2$) si prepara facendo reagire sodio metallico fuso con ammoniaca anidra alla temperatura di 350-370°:

$$2\ Na + 2\ NH_3 = 2\ NaNH_2 + H_2$$

La caldaia in cui si fa avvenire la reazione è in acciaio inossidabile. Ha una capacità di circa 100 l., porta un rubinetto nella parte inferiore dal quale si può scaricare tutto il contenuto della caldaia.

Il coperchio è munito di termometro a custodia stagna, bocca di carico, una tubazione per l'uscita dei gas di reazione ed una per l'ingresso dell'ammoniaca.

Prima di iniziare la reazione, la caldaia deve essere tenuta per un certo tempo a 150° onde renderla assolutamente priva di umidità; quindi si carica, senza abbassare la temperatura, con sodio metallico, si riscalda

poi a 200-240° e quando il sodio è fuso vi si fa arrivare una corrente di ammoniaca.

La reazione avviene con sviluppo di calore, per cui il riscaldamento va diminuito e, se necessario, sospeso al fine di non superare i 360°.

La trasformazione della sodio-amide è completa quando l'ammoniaca immessa nella caldaia viene rifiutata, il che accade dopo circa 7-8 ore. L'andamento della reazione risulta chiaro dal diagramma allegato (Diagrammi 10-11).

Per l'analisi dei gas di uscita della caldaia si usa un'apparecchiatura identica a quella dell'ossidulo di azoto; in questo caso però l'acqua, per la grande solubilità dell'ammoniaca, si livella immediatamente e la lettura può essere fatta subito.

La sodio-amide così preparata si scarica a mezzo di un apposito rubinetto posto nel fondo della caldaia, in ampie bacinelle di ferro dove si lascia solidificare all'aria. Non appena indurita a sufficienza, si spacca con mazza di legno, riducendola in piccoli pezzi che vengono rinchiusi in recipienti di ferro, assolutamente asciutti e a tenuta d'aria, onde evitare, per quanto possibile, una decomposizione.

La sodio-amide può venire colata fusa anche a mezzo di un canale entro il tamburo di reazione.

La carica della caldaia viene fatta con Kg. 31 di sodio metallico il quale teoricamente dovrebbe reagire con Kg. 22,900 di NH_3; in pratica ne occorrono Kg. 45 perchè la reazione si completi.

La sodio amide ricavata dai Kg. 31 di sodio è di Kg. 52 circa ed ha una purezza del 94%; la resa pratica di sodio amide è del 93% riferito al teorico.

FABBRICAZIONE DELL'AZOTIDRATO DI SODIO

La preparazione si fa avvenire in un apparecchio costituito da un tamburo in acciaio inossidabile chiuso ai lati, girevole attorno ad un asse orrizzontale cavo. Sulla parete cilindrica, il tamburo porta tre grandi aperture circolari chiuse da coperchi fissati mediante robusti bulloni. L'asse del tamburo è fisso e porta quattro pale rigide che funzionano da raschiatori sia sulla parte cilindrica che sulle pareti piane.

La tenuta del tamburo girevole sull'asse fisso è ottenuta mediante premistoppa con guarnizioni a corda di amianto grafitato.

Attraverso l'asse che è cavo e diviso in due sezioni da un settore normale all'asse stesso, passa, per uno dei cavi, un tubo che porta al tamburo l'ossidulo d'azoto e per l'altro un tubo per l'uscita dei prodotti gasosi della reazione (ossidulo in eccesso e ammoniaca).

I gas in parola affluiscono e defluiscono dall'asse attraverso quattro fori, due per entrata e due per l'uscita praticati nell'asse stesso. I gas d'uscita vengono poi fatti gorgogliare in acido nitrico in recipienti collocati a una certa distanza dai tamburi di reazione.

I tubi che pescano nell'acido nitrico servono anche da regolatori di pressione, la quale si diminuisce o si aumenta abbassando o alzando i tubi stessi.

Nel recupero dei gas d'uscita, l'ammoniaca viene fissata sotto forma di nitrato ammonico che viene in seguito riutilizzato per la preparazione dell'ossidulo.

La funzione mescolatrice delle pale viene aiutata da sfere di ferro, che si mettono nel tamburo per poter mescolare la massa, schiacciare i blocchi di sodio-amide e rendere in tale modo maggiore la superficie di contatto tra i reagenti (sodio-amide solida, ossidulo, gas). Il tamburo prima dell'inizio della campagna di reazione viene riscaldato a lungo a 150° per allontanare le tracce di umidità. Vi si introducono poi circa 50 Kg. di idrato sodico in scaglie e Kg. 60 di azotidrato di sodio, la massa dei quali serve a rendere maggiore la superficie di contatto fra i reagenti e quindi più veloce l'andamento della reazione.

Il tamburo viene in seguito caricato da un'apposita apertura con Kg. 52 di sodio amide ridotta in piccoli pezzi, o altrimenti inviata, mediante una apposita tubazione, direttamente dalla caldaia al tamburo, quindi viene fatto ruotare su se stesso mantenendolo ad una temperatura di 200-210° e immettendovi una regolare corrente di ossidulo di azoto.

La pressione dei gas nel tamburo viene controllata a mezzo di un manometro ad acqua collegato alla tubazione d'entrata dell'ossidulo nel tamburo. La pressione non deve superare 20 cc. di acqua: un aumento di pressione farebbe scaricare i sifoni di sicurezza. Tale pressione si ottiene, come già si è detto, mediante la chiusura idraulica ai tubi di uscita dei gas di reazione (ricupero nitrato ammonico).

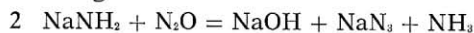
La reazione viene controllata ogni 30 minuti analizzando, con il solito sistema della buretta, i gas che si sviluppano. La buretta è sempre piena di gas che vi defluiscono continuamente; al momento dell'analisi si chiude C e si mette B in posizione che l'acqua entri nella buretta (fig. 118). L'ammoniaca si scioglie istantaneamente per cui la lettura si fa subito. Si apre C lasciando scorrere l'acqua che scioglie lentamente l'ossidulo e, quando il livello è nuovamente costante, si fa la seconda lettura. Quest'ultima, diminuita della precedente, dà il per cento di ossidulo che non ha reagito. Quando la reazione avviene regolarmente, dopo un paio d'ore dall'inizio, lo sviluppo dell'ammoniaca si stabilizza intorno all'86%, mentre l'eccesso di ossidulo varia dal 48 al 12%.

Dopo 12 ore il tamburo viene aperto per verificare le condizioni della massa reagente e frantumare gli eventuali blocchi che si fossero formati e che rallenterebbero la reazione (diagrammi N. 10-11). Dopo questa interruzione, che non dura più di 15', si rimette in marcia il tamburo ed, in capo ad un'altra ora circa, la reazione è terminata.

A questo punto infatti si nota un rapido abbassamento nella percentuale dell'ammoniaca mentre aumenta la quantità dell'ossidulo di azoto. La scarica si mantiene sui 70-80 Kg. lasciando nel tamburo 100 Kg. circa di azotidrato greggio che fa le funzioni dell'idrato sodico e dell'azotidrato di sodio usato all'inizio della campagna di lavorazione.

La massa scaricata, costituita da circa 57 parti di NaN_3 e 43 di Na OH, viene sciolta in tanta acqua da ottenere una soluzione a 20° Bé (equivalente al 16% di azotidrato greggio), si concentra sotto vuoto a cristallizzazione incipiente e si centrifuga lavando con acqua onde eliminare completamente l'idrossido di sodio. L'azotidrato così ottenuto viene essiccato a 70° in un ampio essiccatoio e conservato in fusti di lamiera zincata. Le acque provenienti dalla prima centrifugazione concentrate nuovamente sotto vuoto, forniscono ancora circa l'1% del loro peso di prodotto. Dopo la seconda centrifugazione, nelle acque madri rimane ancora l'1% di azotidrato sodico che non è più possibile separare per cristallizzazione frazionata dell'idrossido di sodio.

Secondo la reazione seguente:

$$2\ NaNH_2 + N_2O = NaOH + NaN_3 + NH_3$$

da Kg. 52 di sodio amide si dovrebbero ottenere Kg. 43 di azotidrato di sodio; se ne ottengono invece Kg. 35.

La resa riferita alla sodio-amide è dell'81% (sul teorico).

La resa riferita al sodio è del 79% (sul teorico).

Per ogni carica di sodio amide (Kg. 52) si consumano Kg. 100 di nitrato ammonico, che svolgono litri 28000 di ossidulo di azoto.

Con un impianto costituito di due tamburi si può ottenere una produzione di Kg. 82 circa in 24 ore.

La miscela aria-ossidulo-ammoniaca, in determinate condizioni, facilmente esplode. L'aumento improvviso di volume dei gas provocati nello scoppio pur avendo il tamburo due tappi funzionanti da valvole, potrebbe rompere le giarre di lavaggio del gas; per questo fra le giarre e il tamburo è collocata una valvola di gomma (una semplice camera d'aria da bicicletta) che, ad un relativo aumento di pressione, si gonfia e si spacca lasciando così liberamente defluire l'N_2O. **Questo fatto che in fabbricazione si chiama « scoppio del tamburo », da numerose osservazioni che l'autore ha eseguito, si ha particolarmente quando il sodio è impuro di calcio.**

ANALISI DELL'AZOTIDRATO DI SODIO

L'azotidrato di sodio preparato con il metodo precedentemente descritto, si presenta in bei cristalli bianchi, resistenti alla luce e all'aria, solubilissimi in acqua con reazione leggermente alcalina.

I saggi che si fanno su di esso, tenuto conto dell'uso cui è destinato, sono i seguenti:

Umidità - Si determina su 10 gr. di sostanza a 60-63° avendo cura di non oltrepassare tale temperatura.

Titolo - L'azotidrato di sodio di normale produzione ha un'elevata purezza superiore al 99%, un'alcalinità non superiore allo 0,15% e contiene tracce di ferro e di sostanze insolubili nell'acqua in quantità inferiori allo 0,1%. Per determinare la purezza del prodotto si possono usare tre metodi che danno risultati perfettamente concordanti, qualora vengano condotti osservando certe opportune regole.

Io ne citerò soltanto uno e cioè il più semplice:

Gr. 0,20 circa di NaN_3 esattamente pesati, vengono posti entro un pallone tarato da 250 cc. e sciolti in acqua. Alla soluzione si aggiungono 10 cc. di acido acetico diluito 1/1, 10 cc. di acetato sodico in soluzione 2/N ed infine 100 cc. di $AgNO_3$ N/10. Si agita e si porta a volume. Dopo due ore di riposo si filtra su filtro asciutto e su 50 cc. di filtrato si titola l'eccesso di $AgNO_3$ con solfocianuro ammonico secondo Volhard:

$$NaN_3\ \% = \frac{(\text{cc } AgNO_3 - \text{cc. } NH_4CNS) \times 65}{S} \times 100$$

S = gr. sostanza pesata; 65 = peso molecolare NaN_3.

Si possono inoltre ricercare l'alcalinità, i cloruri e i metalli pesanti coi comuni metodi analitici.

Principali norme di sicurezza da osservarsi durante la fabbricazione dell'azotidrato di sodio

Le norme di sicurezza per la lavorazione dell'azotidrato di sodio si possono così sintetizzare:

Il sodio deve stare in locali perfettamente asciutti immerso nel petrolio, lontano da eventuali finestre in cui possa penetrare acqua, durante temporali; occorre maneggiarlo sempre con guanti di gomma

perfettamente asciutti. E' sufficiente una goccia d'acqua per provocare grossi incendi con relativi scoppi.

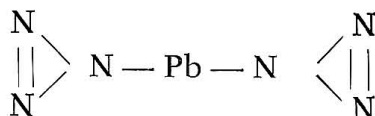
Anche la sodio-amide va maneggiata con molta prudenza, sempre in locali asciutti e gli operai è bene siano muniti oltre che di guanti, anche di occhiali.

Occorre fare attenzione alle fughe di ammoniaca, specie quando si aprono le bombole.

L'azotidrato di sodio non deve essere messo a contatto di piombo, rame, ottone, ecc. coi quali può formare composti esplosivi.

AZOTIDRATO DI PIOMBO N_6Pb (p.m. 291,25)

L'acido azotidrico e i suoi sali di Piombo, Argento, Mercurio, sono stati preparati per la prima volta da Curtius nel 1890. Ma l'azotidrato di piombo è apparso poco prima della prima guerra mondiale diventando poi a poco a poco il sostituto del fulminato. La sua formula è la seguente:

```
N                    N
||\               /||
|| > N — Pb — N  <  ||
||/               \||
N                    N
```

Ecco come avviene la preparazione dell'azotidrato di Piombo.

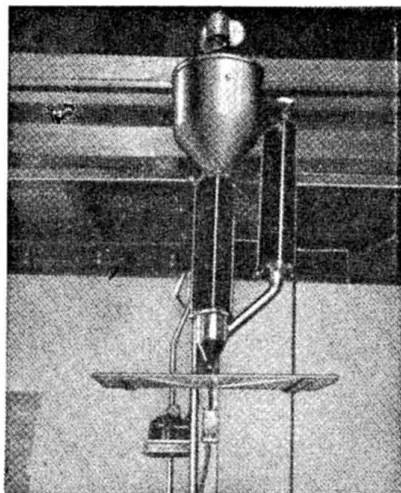



FIG. 119

Apparecchio a colonna per la preparazione dell' azotidrato e dello stifnato di piombo.

Apparecchio a colonna - La preparazione nell'apparecchio a colonna (fig. 119) avviene in modo continuo per precipitazione dell'azotidrato di piombo da una soluzione acquosa di azotidrato di sodio in presenza di un sale di piombo.

L'apparecchio consta di una coppa metallica munita di doppia parete per

poter regolare la temperatura interna mediante circolazione di acqua calda e fredda. Alla coppa è unito inferiormente un tubo di vetro pirex. L'apparecchio è terminato al di sotto con un imbuto metallico e un tubo in vetro pirex di diametro inferiore al precedente.

Completa l'apparecchio un agitatore metallico mosso da un motore elettrico. La coppa e le altre parti metalliche sono in acciaio inossidabile. E' di grande importanza assicurarsi che le superfici metalliche a contatto con i liquidi reagenti, siano assolutamente speculari, al fine di ridurre al minimo la formazione di depositi di precipitato sulle pareti. Le parti in vetro sono in pirex per garantire la resistenza a sbalzi di temperatura. Le soluzioni dei vari liquidi reagenti vengono preparate a parte in recipienti muniti di agitatore meccanico e di camicia per il raffreddamento e riscaldamento. Terminata la soluzione dei sali, i liquidi, mediante una pompa e un tubo pescante, vengono filtrati attraverso candele filtranti in porcellana porosa e poi raccolti in recipienti misuratori, dai quali affluiscono mediante tubazioni all'apparecchio di precipitazione.

Tutte le parti metalliche a contatto con i liquidi sono in acciaio inossidabile.

E' opportuno, al fine di evitare nel modo più assoluto la possibilità di contatto coi liquidi tra loro fuori della colonna di reazione, disporre in locali separati i recipienti per la soluzione dell'azotidrato sodico e dei sali di piombo, curando che le cunette di scarico di detti locali defluiscono separatamente verso i recipienti di distruzione (fig. 120).

L'azotidrato di piombo formatosi nella coppa scende, attraverso il foro che è sul fondo della coppa stessa, nella parte cilindrica della colonna, nella quale i cristalli completano la loro formazione, ed esce, insieme alle acque madri, dal tubo di scarico dell'imbuto inferiore al quale è fissato un tubo di gomma chiuso mediante un morsetto a vite.

Una volta iniziata la precipitazione, si regola lo scarico in modo da mantenere il liquido nella coppa ad un livello costante.

I cristalli che escono insieme alle acque madri, passano attraverso un setaccio di seta (circa 225 maglie per cm^2), il quale trattiene le croste e le eventuali impurezze, e si raccolgono in un telo di lino entro un recipiente di ebanite o di gomma conduttrice, il cui fondo forellato permette l'efflusso del liquido.

I cristalli lavati a fondo con acqua distillata, vengono poi raccolti in mastelli di ebanite o di gomma conduttrice e portati alle ulteriori lavorazioni.

E' necessario per seguire la formazione dei cristalli, disporre nel locale di precipitazione di un microscopio che dia circa 80 ingrandimenti [è preferibile disporre di due obiettivi facilmente intercambiabili, dei quali uno a ingrandimento minore (circa 40) che permetta di osservare un campo maggiore]. Una goccia del liquido contenente i cristalli, si mette su un vetrino porta oggetti e si esamina sia a luce trasparente che a luce riflessa.

In genere i cristalli di azotidrato puro si osservano meglio a luce trasparente, quelli di azotidrato tecnico a luce riflessa.

In tutte le operazioni di soluzione, precipitazione, lavaggio, ecc. si fa uso di acqua distillata che viene periodicamente controllata.

In tutti i recipienti, tubazioni, ecc. che debbano andare a contatto con azotidrato sodico e sue soluzioni, è da escludere nel modo più assoluto il piombo e il rame.

PREPARAZIONE DELL'AZOTIDRATO DI PIOMBO PURO

Preparazione delle soluzioni (fig. 120).

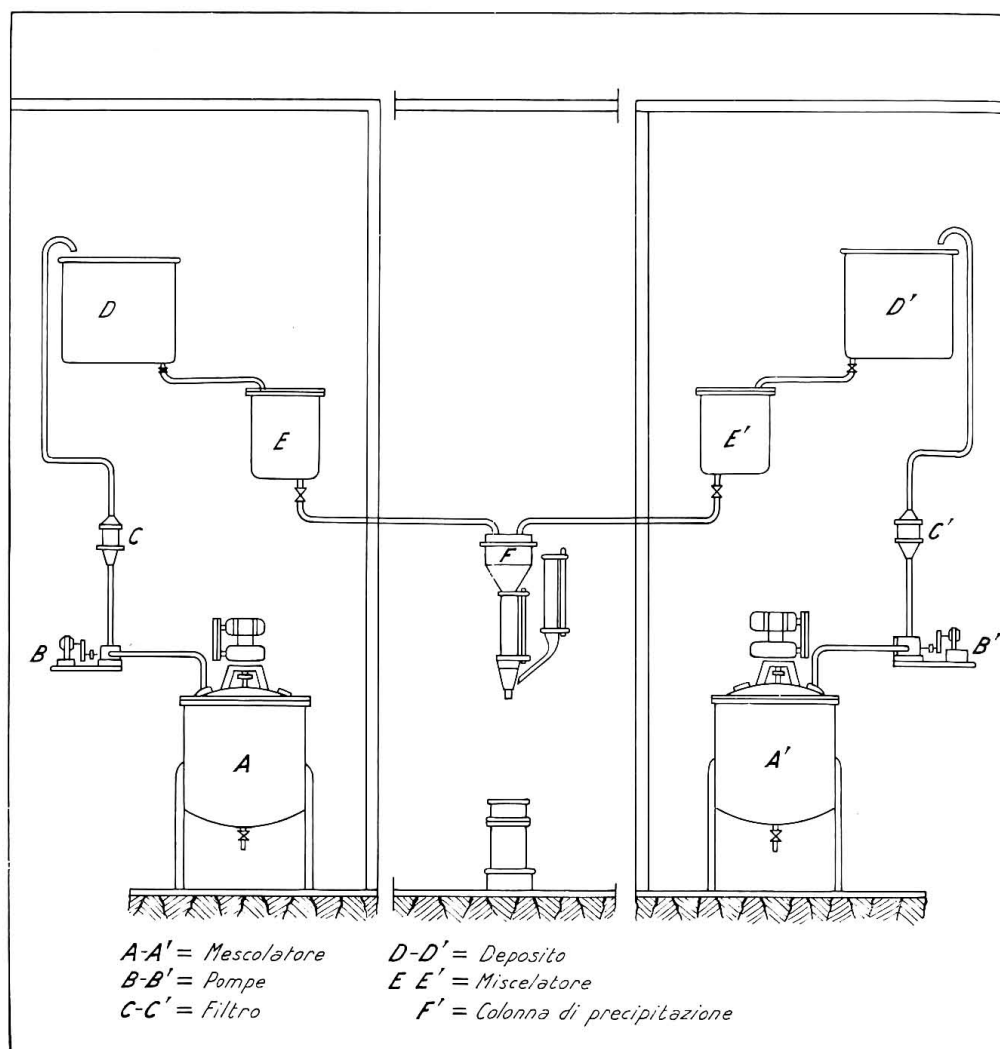



FIG. 120 - Impianto preparazione azotidrato o stifnato di piombo.

Soluzione A - L'azotidrato sodico al 99-99,5% viene disciolto in acqua distillata. Si aggiunge acetato sodico in cristalli nella proporzione di 2,5 volte l'azotidrato di sodio, si filtra per porcellana porosa, si raccoglie nel recipiente misuratore.

Soluzione B - L'acetato di piombo in cristalli nella proporzione di circa 3,6 volte l'azotidrato di sodio, si scioglie in acqua distillata, scaldando con vapore a circa 40° C ed agitando. Si filtra per porcellana porosa, si raccoglie in recipiente misuratore.

Precipitazione - Dai recipienti misuratori i liquidi affluiscono alla colonna di precipitazione mediante tubazioni di acciaio inossidabile terminate da un tubo di gomma stretto con morsetto a vite, regolando il quale si regola l'afflusso dei liquidi.

La precipitazione si compie a 25° C. La colonna viene riempita fino alla base della coppa con acqua distillata a 25°, poi si aggiunge la soluzione di acetato di piombo fino a che il liquido arrivi a metà coppa. Si mette in moto l'agitatore, si regola l'efflusso di acetato di piombo in modo che scolino circa 30 litri/ora, e quindi si apre l'afflusso di azotidrato di sodio, in modo che scolino circa 25 litri/ora.

Dopo 3-4 minuti si aumenta un po' la velocità di efflusso (rispettivamente litri 40-50 ora) e si comincia ad osservare la cristallizzazione: quando questa è regolare, si regola l'efflusso delle soluzioni che deve mantenersi nei seguenti limiti:

Soluzione A = 50 litri/ora
Soluzione B = 55 litri/ora

Cristallizzazione dell'azotidrato puro - (Fig. 121). L'inizio della cristallizzazione avviene generalmente sotto forma di fili sottili, incrociati ad X con piccole appendici filiformi verso l'interno. In seguito, come ho potuto constatare, questi ingrossano, il cristallo rivela sempre la forma iniziale, ma è piano (b).

Continuando nella cristallizzazione, l'ingrossamento va accentuandosi, pur rimanendo i cristalli incrociati come in origine (c).

In seguito queste formazioni tendono a spaccarsi in pezzi più tozzi e più corti, i quali si possono ritenere come l'inizio della cristallizzazione regolare (d).

Gradualmente avviene una ulteriore trasformazione: la superficie dei cristalli perde i vari rilievi paralleli e diventa lamellare (e). A tale grado di cristallizzazione può ritenersi a punto. Però i cristalli di solito sono alquanto irregolari: il loro profilo è frastagliato anche se l'aspetto rimane quasi lamelliforme (f). Col procedere della precipitazione, la cristallizzazione diventa del tutto regolare: i cristalli sono tozzi, senza allungamenti e senza geminazioni, pur conservando sempre un accenno alla nervatura interna che ricorda la forma iniziale (g).

In generale la trasformazione della forma iniziale e quella regolare avviene gradualmente da sè. Quando la temperatura nella coppa si abbassa sotto i 20°, si ha la tendenza alla formazione di cristalli a croce. La presenza di questa forma è indizio di irregolarità, dato che i cristalli regolari devono essere corti.

Se la temperatura è nei limiti (22-25°) e la cristallizzazione rimane irregolare, cioè a croce, alcuni consigliano di aumentare la quantità di acetato di piombo nei confronti dell'azotidrato di sodio.

La velocità dell'agitatore è di circa 200 giri al 1'. Certe volte conviene interrompere la reazione, scaricare l'azotidrato, mettere tutto a punto (temperatura, velocità di scolamento, ecc.) e ricominciare.

I cristalli irregolari presentano una estrema sensibilità all'urto e allo sfregamento, che ne rende eccessivamente pericoloso l'impiego.

Sono tollerate piccole quantità di cristalli irregolari misti coi buoni. Se si tratta di maggiori quantità conviene scartare tutto. *Il rendimento è di circa il 220% rispetto all'azotidrato di sodio impiegato.*

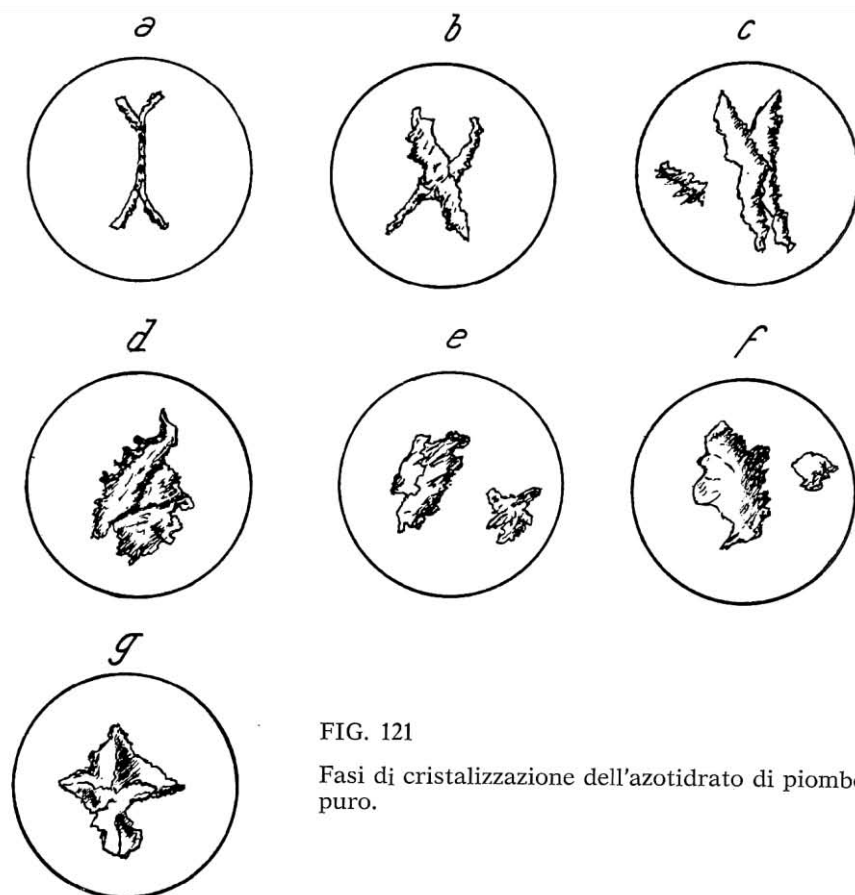



FIG. 121

Fasi di cristalizzazione dell'azotidrato di piombo puro.

Altro apparecchio per la fabbricazione dell'azotidrato di piombo.

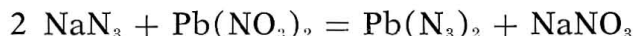
Si preparano le due soluzioni acquose diluite di acetato di piombo e azotidrato di sodio, possibilmente in due locali distinti per le ragioni spiegate prima, in recipienti di acciaio inossidabile sempre nelle proporzioni sopra descritte per l'apparecchio a colonna, e quindi si inviano attraverso due tubi, in due preriscaldatori nelle cui intercapedini passa un serpentino che riscalda le soluzioni a 60°. Di qui i due liquidi confluiscono mediante rotametri, per poter regolare l'afflusso, in una vasca semisferica con due rompigetti munita di un agitatore mosso da un motorino elettrico situato fuori dal locale o di un tubo portante aria compressa che terrà il liquido sempre in movimento. Finita la precipitazione, l'azotidrato cristallino formatosi si verserà o si condurrà attraverso tubi in materia plastica in appositi recipienti di filtrazione a vuoto, dove verrà lavato accuratamente fino a scomparsa dell'acido e poi essiccato come il fulminato o con appositi essiccatoi (vedi fig. 107).

Il rendimento si aggira sempre intorno al 220% rispetto all'azotidrato.

PREPARAZIONE DELL'AZOTIDRATO TECNICO

Ormai è in uso in molte nazioni un azotidrato di piombo detto « *destrinato* » o « *tecnico* » avente presso a poco le stesse qualità esplosive del puro. Esso è ritenuto più sicuro ed ha la seguente composizione: azotidrato di piombo 93%, idrato di piombo 4%, destrina e impurezze 3%.

Per ottenere tale azotidrato, si fanno reagire azotidrato di sodio e nitrato di piombo invece di acetato secondo la reazione:

$$2\ NaN_3 + Pb(NO_3)_2 = Pb(N_3)_2 + NaNO_3$$

Attualmente quasi più nessuno fabbrica l'azotidrato puro e tutti preferiscono, anche per ragioni di sicurezza, confezionare il tecnico che pure è sempre pericoloso (vedi differenza tra azotidrato puro e tecnico nelle proprietà chimico-fisiche un poco più avanti).

Ecco il sistema di preparazione con apparecchio a colonna che però si può sostituire con l'altro apparecchio sopra descritto.

Preparazione delle soluzioni per la precipitazione con apparecchio a colonna.

Soluzione A - L'azotidrato sodico (al 99-99,5%) viene disciolto in acqua distillata. Si aggiunge una soluzione di idrato sodico al 40% nella proporzione di circa 1 : 9 rispetto all'azotidrato sodico. Si scalda a circa 35°. Si filtra per porcellana porosa, si raccoglie in un recipiente misuratore.

Soluzione B - Il nitrato di piombo cristallizzato si scioglie in acqua a 40-45°, alla soluzione si aggiunge circa il 3% di destrina chiara sciolta in poca acqua tiepida onde impedire la formazione di cristalli aghiformi, si filtra e si raccoglie nel recipiente misuratore.

Precipitazione - La precipitazione si compie a 27-30°. La colonna si riempie di acqua distillata a 30° fino al fondo della coppa, quindi si immette soluzione B fino a riempire la coppa stessa.

Si apre allora l'afflusso dell'azotidrato sodico, regolandolo a circa 35 litri/ora e si regola l'afflusso di nitrato di piombo a 40 litri/ora. Il colore del liquido della coppa nella colonna diviene latteo.

Si osserva al microscopio la cristallizzazione e, quando questa è regolare, la velocità di afflusso si aumenta fino a raggiungere i seguenti limiti:

Soluzione A = 50 litri/ora
Soluzione B = 55 litri/ora

I cristalli si presentano all'inizio sotto forma di fili sottilissimi incrociati ad x (a).

Cristallizzazione dell'azotidrato tecnico (fig. 122 abc)

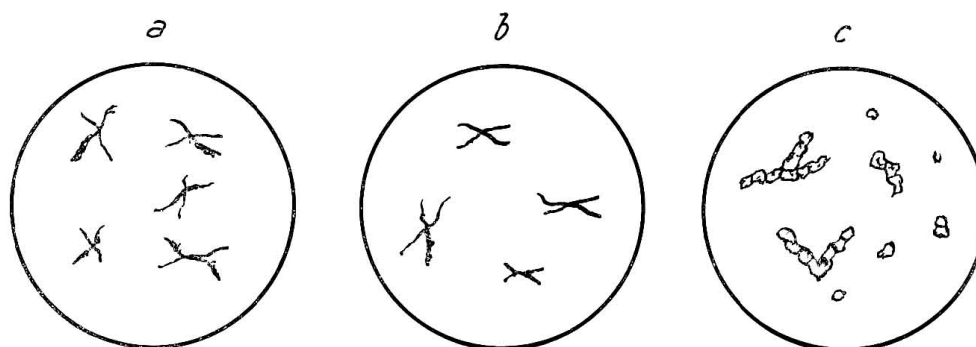



FIG. 122 - Cristallizzazione dell'azotidrato di piombo tecnico.

In seguito essi, mantenendo la forma iniziale, si ingrossano e si segmentano (b). Continuando nella precipitazione, l'ingrossamento va accentuandosi sempre più, finchè i bastoncini si rompono e si frazionano in tanti rettangolini, ognuno dei quali ingrossandosi ed arrotondando gli spigoli, si trasforma in un cristallo tondeggiante simile ad un granulo di amido (c) (fig. 123).

FIG. 123

Azotidrato di piombo tecnico in cristalli.

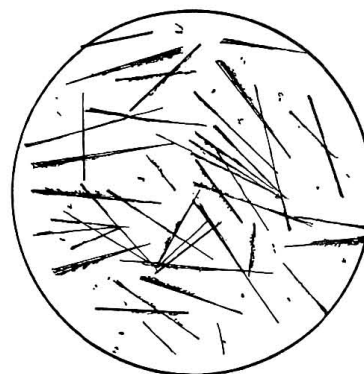



FIG. 124

Azotidrato di piombo cristallizzato dall'ac. acetico.

A questo punto la cristallizzazione può considerarsi regolare. L'esplosivo si presenta sotto forma di una massa tondeggiante di cristalli piccoli, di aspetto quasi amorfo, sensibilmente uguale in grandezza.

Proprietà chimico-fisiche

L'azotidrato di piombo puro, come detto sopra, fu ottenuto per la prima volta da Curtius nel 1890 trattando acetato di piombo con azotidrato di sodio o di ammonio, secondo la reazione:

$$(CH_3COO)_2Pb + 2\ NaN_3 = 2\ CH_3COONa + \begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix}\!\!>\!N - Pb - N\!<\!\!\begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix}$$

E' una sostanza che cristallizza in lunghi aghi incolori che però, sotto l'azione prolungata della luce, dell'anidride carbonica dell'aria, come pure col riscaldamento a 50°, hanno tendenza ad ingiallire forse a causa di una loro parziale decomposizione.

Quando il suo cristallo ha la forma di lunghi aghi appuntiti (fig. 124), e irregolari, come ho detto, è pericolosissimo ed è bene distruggerlo. E' pochissimo solubile in acqua. A 18° se ne sciolgono gr. 0,023 per ogni 100 cc. ed a 100° 0,50 gr. E' solubile in acido acetico, in acetato di sodio e di piombo, è insolubile in alcool. Si scioglie anche in ammoniaca, in ac. nitrico diluito e in ac. solforico. E' un sale basico contenente il 95% di azotidrato neutro.

Coloro che per primi fecero interessanti ricerche sulla sensibilità dei vari sali dell'acido azotidrico furono Wother e Martin, i quali studiarono sistematicamente la temperatura di detonazione e la sensibilità all'urto. Essi ne dedussero una particolarità curiosa e cioè che in alcuni azotidrati e principalmente in quello di piombo, la temperatura di detonazione diminuiva col crescere della quantità di sostanza. Le due temperature più alte trovate, furono quella dell'azotidrato d'argento (287°) e quella dell'azotidrato di piombo (327°). **Data la sua temperatura d'infiammazione molto alta, si adopera sempre mescolato nella proporzione generalmente di 4 parti di azotidrato di piombo e 6 parti di stifnato di piombo avente una temperatura di infiammazione di circa 180°**. Con la fiamma l'azotidrato detona immediatamente. Se però si scalda a 250°, si ha la decomposizione in azoto e piombo senza esplosione.

Si dedusse inoltre che, in genere, la temperatura di detonazione è in rapporto col peso atomico del metallo.

A secco i metalli usuali non sono intaccati. In presenza di umidità, lo zinco e l'alluminio lo sono un po', ma molto meno che col fulminato di mercurio. Col rame si forma azotidrato di rame, sensibilissimo, per cui tutte le capsule e i detonatori con esso caricati, si fanno in alluminio.

Importante è che l'armamento americano ammette detonatori e capsule all'azotidrato in similoro verniciato e non risulta che si siano avuti inconvenienti.

Ecco le principali caratteristiche dell'azotidrato di piombo puro:

Densità massima	4,79
Temperatura di esplosione	327°
Temperatura della fiamma di esplosione	3350°
Volume specifico l/Kg.	310
Calore di formazione in Kcal/Kg.	— 364
Sensibilità alla berta da 2 Kg., cm.	8
Trauzl con 10 gr. di esplosivo, cc.	115
Velocità detonazione a D. 4,6, m/s	5300
Bilancio di O_2	— 5,5%

I grossi cristalli sono più sensibili dei piccoli; la sensibilità non diminuisce neanche col 5% di acqua, anzi, per esperienza, posso dire che esplode anche sott'acqua.

Secondo gli ultimi studi, esistono due varietà cristalline: una ortorombica stabile all'alta temperatura e molto sensibile anche sott'acqua, l'altra monoclina stabile alla temperatura ordinaria e meno sensibile. La sua densità reale è di 4,71 e l'apparente 1,5 circa. Oltre che destrinato, perchè meno sensibile, si adopera pure grafitato.

Allo stato secco pare sia un po' meno sensibile del fulminato di mercurio. Compresso a 1500 Atm. ha un potere innescante quattro volte superiore a quello del fulminato, la sua sensibilità non diminuisce ed

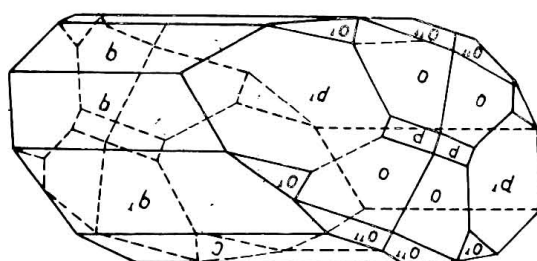



FIG. 125

Cristallo di azotidrato di piombo di forma α ortorombica.

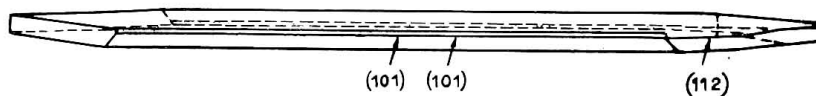



FIG. 126 - Cristallo di azotidrato di piombo di forma β monoclina.

anzi il potere dirompente e la velocità di detonazione, fino a 3000 Kg/cm.², aumentano. Detona per azione della scintilla elettrica; qualora sia alterato pare si accenda meno facilmente. Secondo Wohler, mescolato allo stifnato, acquista maggior potenza.

Esiste in due forme cristalline: una α ortorombica (fig. 125) ed una β monoclina (fig. 126). Secondo Gardner e Gomm ed anche Miles la forma β sembra più sensibile dell'α.

Per inattivare l'azotidrato di piombo rendendolo non esplosivo, è sufficiente trattarlo con una soluzione al 5% di ac. nitrico o anche scioglierlo in una soluzione acquosa di acetato d'ammonio al 10%.

Durante la precipitazione dell'azotidrato di piombo sia puro che tecnico, sulle pareti dei recipienti in cui avvengono le precipitazioni si formano delle incrostazioni.

Questo strato nel caso dell'*azotidrato puro,* è abbastanza friabile e al termine della reazione si può staccare quasi completamente, mediante un getto sottile di acqua.

Nel caso dell'*azotidrato tecnico,* lo spessore, da quanto ho io stesso potuto constatare, è minore, ma durissimo, per cui si introduce dall'alto della piccola colonna laterale, una soluzione di ac. nitrico al 2%, fino a riempire completamente l'apparecchio. Si mette in moto l'agitatore e si lascia in movimento il liquido per circa 2 ore, al termine delle quali si scarica nuovamente lavando poi con acqua. Si può adoperare anche ac. acetico o ammoniaca.

I liquidi di lavaggio del locale di precipitazione delle acque madri vengono condotti, mediante un canale, ad un recipiente di acciaio inossidabile, nel quale vengono distrutti mettendo in libertà l'acido azotidrico con acido nitrico.

Essiccamento - Per l'essiccamento dell'azotidrato si opera come per il fulminato e cioè lavando prima con alcool etilico in imbuto di gomma sotto vuoto e quindi mettendolo in essiccatoio a 50-60°.

Tutte queste operazioni sono molto delicate tanto più che come già detto, l'azotidrato può esplodere anche sott'acqua.

Setacciamento - Molte volte occorre setacciare l'azotidrato di piombo e così pure il fulminato. Indicati sono i setacci a vibratore nei quali si carica l'esplosivo in lavorazione, poco alla volta, situati naturalmente dietro corazze. I vibratori devono essere antideflagranti, e naturalmente situati al disotto del setaccio.

TABELLA 65

TEMPERATURE DI DETONAZIONE DI ALCUNI AZOTIDRATI
(secondo Wohler e Martin)

Argento	297°	Cobalto	148°
Piombo	327°	Manganese	203°
Mercurio	281°	Bario	152°
Cadmio	291°	Stronzio	169°
Zinco	289°	Calcio	158°
Rame	174°	Litio	245°
Nichel	200°	Tallio	320°

DIFFERENZE TRA AZOTIDRATO PURO E TECNICO

Come abbiamo visto si preparano due tipi di azotidrato di piombo:

a) Azotidrato di piombo puro al 99,4-99,9% di PbN_6;

b) Azotidrato di piombo tecnico o destrinato al 92-92,5% di PbN_6.

I due tipi differiscono tra loro notevolmente per l'aspetto fisico e soprattutto per la diversa sensibilità e resistenza alla compressione. Compresso a 350 Atm., l'azotidrato puro ha una densità di 3 e l'azotidrato destrinato di 2,7. La loro preparazione come abbiamo scritto, è estremamente delicata.

Sintetizzando, come abbiamo visto, il *tipo a)* si presenta sotto forma di squamette trasparenti, brillanti, a bordi generalmente frastagliati (Vedi fig. 121). La sua sensibilità all'urto e allo sfregamento è molto elevata, la resistenza alla compressione notevole. Ha un Trauzl, come già visto, con 10 gr. di esplosivo, di 115 cc. e una sensibilità alla berta di 8 cm. con peso di Kg. 2. Con peso di Kg. 1 ha una sensibilità di cm. 25-40.

Il *tipo b)* si presenta sotto forma di granuli tondeggianti, opachi e traslucidi (Vedi figg. 122-123). E' meno sensibile allo sfregamento e regge bene ad elevate compressioni. Con 10 gr. di esplosivo si ha un Trauzl di 100 cc. e una sensibilità alla berta con peso di Kg. 2 di 14 cm. Con peso di Kg. 1 ha una sensibilità di 40-60 cm.

IGROSCOPICITA' DELL'AZOTIDRATO DI PIOMBO

In ambiente saturo di umidità si verifica, tanto per l'azotidrato che per il fulminato, un assorbimento dello 0.0046% dopo un mese di esposizione all'aria. L'azotidrato di piombo resiste all'umidità più del fulminato; questo fatto è stato accertato mediante apposite prove di innescamento eseguite su detonatori esposti in condizioni di umidità crescente.

RICERCA DELL'AZOTO NELL'AZOTIDRATO DI PIOMBO

Per distillazione - Nel palloncino A (fig. 127) vengono pesati 0,5 gr. di PbN_6 precedentemente seccato e il corrispondente peso in NaN_3, e si aggiungono 25 cc. di acqua distillata. Nell'imbutino C vengono messi 10 cc. di ac. nitrico al 20%. Si fa immergere quindi il tubo di pescaggio E dentro il bicchiere D contenente 50 cc. di soluzione N/10 di $AgNO_3$ e 1 gr. di CH_3COONa precedentemente sciolto in acqua. Si inizia la distillazione facendo dapprima gocciolare l'ac. nitrico dell'imbuto nel palloncino lavando con 10 cc. di acqua, indi agitando fino a completa soluzione dell'azotidrato. A questo punto si riscalda con fiamma Bunsen in modo da avere un'ebollizione regolare. L'HN_3 distilla e va a fissarsi, dopo essersi

condensato nel refrigerante B, come AgN_3 insolubile, nella soluzione del bicchiere D.

Si continua l'ebollizione fino quasi a esaurire il liquido; si aggiungono 25 cc. di acqua nell'imbuto C che si lasciano di nuovo gocciolare nel palloncino A.

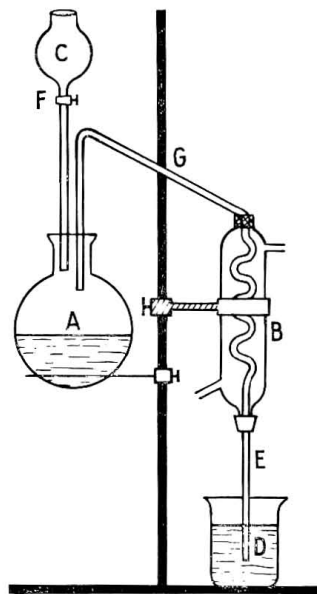



FIG. 127

Apparecchio per la ricerca dell'azoto nell'azotidrato di piombo.

Occorre operare piano per non avere un troppo rapido raffreddamento del palloncino che richiamerebbe la soluzione di nitrato d'argento nel medesimo e si continua a distillare fino quasi ad esaurimento del liquido.

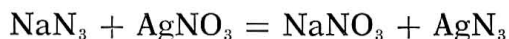
A questo punto si apre il rubinetto F dell'imbuto C, si distacca il collettore G e si lava il serpentino con poca acqua. Si distacca entro il bicchiere il tubo E e lo si lava.

Si lascia in riposo per qualche tempo, indi si filtra lavando fino ad esaurimento del nitrato d'Ag raccogliendo tutte le acque del filtrato, e si titolano queste con soluzione N/10 di NH_4CNS in presenza di HNO_3 diluito (10 cc. e di qualche cc. di soluzione satura e acida di allume ferrico ammonico).

La differenza tra i cc. 50 di $AgNO_3$ e quelli impiegati di NH_4CNS, moltiplicato per 0,01456 e divisa per il peso di azotidrato impiegato, dà la percentuale di PbN_6.

AZOTIDRATO D'ARGENTO (p.m. 149,9)

L'azotidrato di Argento (AgN_3) si ottiene in modo analogo all'azotidrato di piombo, per azione cioè dell'azotidrato di sodio sul nitrato d'argento:

$$NaN_3 + AgNO_3 = NaNO_3 + AgN_3$$

Il suo rendimento è dell'88% rispetto al nitrato d'argento adoperato. E' un esplosivo poco usato anche perchè più costoso dell'azotidrato di piombo. E' stato fabbricato in Italia per i detonatori della Marina.

Sono state eseguite delle prove allo scopo di accertarsi come si

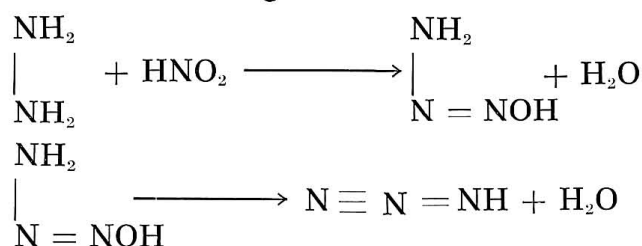
comporta rispetto a lamine sottili di rame, stagno, alluminio, argento. Si è così constatato che il prodotto anche contenente il massimo grado di umidità igroscopica ed alterato per effetto della luce, non intacca nessuno dei metalli sopra indicati; se bagnato, invece li attacca tutti ad eccezione dell'argento, e con forte rapidità specie per l'alluminio.

Il sale d'argento è stato ottenuto da Angeli trattando una soluzione satura di nitrito d'argento a freddo con una soluzione satura di solfato di idrazina:

$$NH_2 - NH_2 + AgNO_2 = AgN_3 + 2\ H_2O$$

In tal modo ebbe degli aghi bianchi di azotidrato d'argento.
Pare però che la reazione avvenga in due fasi e cioè:

$$\begin{matrix} NH_2 \\ | \\ NH_2 \end{matrix} + HNO_2 \longrightarrow \begin{matrix} NH_2 \\ | \\ N = NOH \end{matrix} + H_2O$$

$$\begin{matrix} NH_2 \\ | \\ N = NOH \end{matrix} \longrightarrow N \equiv N = NH + H_2O$$

Wolher ha trovato che gr. 0,05 di azotidrato d'argento fanno detonare il tritolo come gr. 0,24 di fulminato di mercurio.

Rispetto all'azotidrato di piombo, ha il vantaggio di avere un più basso punto di accensione per cui non è necessario mescolarlo allo stifnato di piombo. E' più sensibile alla frizione, un po' meno all'urto. Il suo punto di fusione è 251°, il punto di accensione è 297° detonando energicamente; non dà sali basici e non ha tendenza come l'azotidrato di piombo, a carbonatarsi superficialmente.

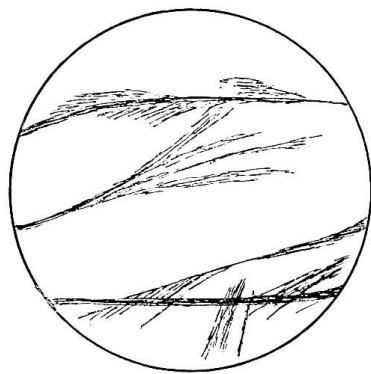



FIG. 128

Azotidrato d'Argento cristallizzato dall'alcool ammoniacale.

Presenta però il difetto di essere amorfo (fig. 128) e per conseguenza di dilatarsi alla compressione e quindi di essere difficile a caricarsi. E' insolubile in acqua, ma di più in acqua calda, insolubile pure in alcool, etere, acetone, solubile negli acidi concentrati, in acido nitrico diluito e in ammoniaca. Alla luce si altera imbrunendo.

E' abbastanza interessante il fatto che alcuni detonatori apposita-

mente preparati comprimendo gr. 0,10 di azotidrato di argento e gr. 0,40 di tritolo, come riferisce il Giua, hanno detonato completamente pur essendo stati esposti per un mese all'aria libera. La stessa cosa non fu riscontrata, sempre nelle stesse condizioni, col fulminato di mercurio.

Velocità detonazione m/s 5700. Trauzl con 2 gr. di esplosivo cc. 22,5. Temperatura sviluppata nell'esplosione 3545°.

AZOTIDRATO DI AMMONIO (p.m. 60,06)

E' un esplosivo che praticamente non è usato, però ha la particolarità di essere molto forte e di avere, nella detonazione, una bassa temperatura.

La temperatura che si sviluppa nell'esplosione, secondo Berthelot e Vieille è di circa 1400°.

La sua formula è:

$$NH_4 N_3$$

Ad ogni modo i dati ottenuti dai due autori sopra citati sono i seguenti:

Densità di carica	Pressione	Pressione in Kg/cmq
0,1	842	8420
0,2	1922	9610
0,3	3514	11713

Cristallizza in prismi bianchi con debole reazione alcalina. Il suo modo di decomporsi è molto diverso da quello degli altri azotidrati e fulminati poichè l'azotidrato d'ammonio ha un carattere molto frantumante. E' un esplosivo che potrebbe diventare interessante.

Confronto tra azotidrato di piombo e fulminato di mercurio

Volendo fare un confronto tra i due esplosivi azotidrato di piombo e fulminato di mercurio, si potrebbe dire che il primo ha sul secondo i seguenti vantaggi:

1) Un potere dirompente maggiore.

2) Maggiore resistenza all'umidità: il fulminato se contiene una quantità pari al 2% di umidità non esplode, mentre l'azotidrato esplode anche sott'acqua; l'azotidrato rimane inalterato anche se mantenuto a 80° per 15 giorni, mentre il fulminato riduce il suo titolo, come ho potuto constatare, dal 99 al 90% in meno di due giorni.

3) Maggiore densità di carica; con una compressione di 2000 Kg/cmq si raggiunge una densità di 3,6.

4) Mentre il fulminato esige, per il caricamento dei detonatori, il bossoletto di rame o di ottone, l'azotidrato si carica in bossoletto di alluminio, metallo di maggiore disponibilità, di minor costo e di più facile lavorazione.

5) L'azotidrato rispetto al fulminato, ha minor costo ed esige a parità di potere innescante, minor quantità di sostanza.

Infatti:

TABELLA 66

Carica minima per la detonazione di Tritolo, Tetrile, Melinite Trinitroanisolo mediante i più importanti esplosivi primari

Esplosivo primario	TNT	Tetrile	Melinite	Trinitro anisolo
Fulminato di Hg . . .	0,36	0,29	0,30	0,37
Fulminato di Ag	0,095	0,02	0,05	0,23
Fulminato di Cd . . .	0,11	0,08	—	—
Azotidrato di Ag	0,07	0,02	0,035	0,26
Azotidrato di Hg	0,145	0,045	—	—
Azotidrato di Pb	0,09	0,025	0,025	0,28
Azotidrato di Cd	0,04	0,01	—	—

6) Il fulminato, compresso da 400 Kg/cmq in su, non detona, mentre l'azotidrato detona fino a pressioni anche superiori a 2500 Kg./cmq.

Sotto pressione, l'azotidrato, come tutti gli altri esplosivi primari, stenta ad accendersi, ma questo si verifica in modo meno marcato per il fulminato.

L'azotidrato però ha un punto di accensione molto alto, è quindi necessario mescolarlo con sostanze che ne abbassino il punto di accensione, e, a tale scopo, generalmente si adopera lo stifnato di piombo nelle proporzioni, come abbiamo detto, di 4 di azotidrato e 6 di stifnato di piombo.

Rispetto al fulminato, l'azotidrato ha una minore sensibilità all'urto, ma una maggiore sensibilità alla frizione.

STIFNATI

ACIDO STIFNICO O TRINITRORESORCINA (p.m. 245,024)

Prima di passare al sistema di fabbricazione della dinitro e trinitro-resorcina o acido stifnico, penso sia bene parlare brevemente della resorcina solfonata dalla quale per nitrazione si ha l'acido stifnico.

La resorcina o meta-diossi-benzolo si ottiene partendo dal benzolo puro trattandolo con oleum e ottenendo così l'acido meta-benzol-disolfonico sotto forma di cristalli rombici bianchi, solubili in acqua, che, a sua volta, trattato con NaOH forma il benzen-disolfonato-sodico, il quale fuso con NaOH, dà luogo alla resorcina secondo le seguenti schematiche reazioni:

$$\text{benzolo} \xrightarrow[-2H_2O]{2Na_2SO_4} \text{ac. meta-benzen-disolfonico} \xrightarrow[-2H_2O]{2Na\,OH} \text{benzendisolfonato sodico} \xrightarrow[-Na_2SO_3]{2NaOH} \text{resorcina}$$

benzolo — ac. meta-benzen-disolfonico — benzendi-solfonato sodico — resorcina

La resorcina è solubilissima in acqua ed in alcool e trattata, come vedremo, col miscuglio di ac. solforico e nitrico (da notare che solo l'acido nitrico prende parte alla reazione, in quanto l'acido solforico assorbe solo l'acqua di formazione) dà la **2-4-6 trinitroresorcina o ac. stifnico** che è una sostanza cristallina gialla più o meno chiara con p.f. 175,5.

$$C_6H_4(OH)_2 + 3HNO_3 \longrightarrow C_6H(OH)_2(NO_2)_3 + 3H_2O$$

ac. stifnico

Poco solubile in acqua (alla temperatura ordinaria si scioglie in 144 parti, a 62° in 88 parti, solubile in alcool ed etere e, come acido forte, in alcali per es. con NaOH, con formazioni di sali di stifnato di sodio: $C_6H\ (NO_2)_3\ (ONa)_2$. Precipita dalle soluzioni acquose con ac. cloridrico. Riscaldata bruscamente si decompone con deflagrazione: con ac. acetico e bromo si trasforma in bromoresorcina.

PREPARAZIONE DELL'ACIDO STIFNICO

La trinitroresorcina o ac. stifnico ($C_6H\ (OH)_2\ (NO_2)_3$) (fig 129) viene preparato negli stabilimenti di esplosivi al solo scopo di essere trasformato nel suo sale di piombo e quindi, con vari accorgimenti, si è cercato di ottenerlo non già

quanto più puro possibile, ma bensì tale da originare un sale di piombo cristallizzato in maniera omogenea e non pericoloso, nel maneggio ad umido.

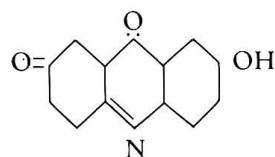
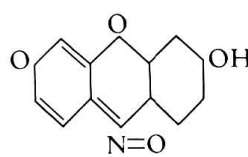
Attualmente però quasi tutti gli stabilimenti di esplosivi ricevono, invece del-

FIG. 129

2-4-6 Trinitroresorcina cristallizzata dall'alcool etilico.

l'ac. stifnico, lo stifnato di magnesio da altre fabbriche, in quanto più conveniente e più sicuro, per trasformarlo in stifnato di piombo.

E' ormai stabilito infatti che certe impurezze dell'acido stifnico hanno un'azione benefica non solo sull'omogeneità dei cristalli, ma anche sulla loro forma, in quanto originano individui di aspetto tondeggiante e corto o addirittura di forma quadrata in cui il caratteristico esagono dello stifnato di piombo ottenuto da ac. stifnico puro, è quasi scomparso pur rimanendo inalterate le caratteristiche fisico-chimiche dell'esplosivo. Le impurezze che maggiormente influenzano la forma cristallina e il colore dello stifnato di piombo appaiono essere la **resorufina** e la **resazurina,** le quali si originano dalla resorcina al momento della solfonazione eseguita con ac. solforico contenente tracce di ac. nitroso-nitrico.

La resorufina od ossifenosazone è il prodotto di condensazione della nitroresorcina con la resorcina, mentre la resazurina si forma come composto intermedio durante la suddetta condensazione e non è che l'anidride dell'N-ossido della tetraossidifenilidrossilammina.

resorufina

resazurina

Queste due sostanze impartiscono all'ac. stifnico un colore assai scuro ed intenso abbassandone contemporaneamente il punto di fusione a 172°. A sua volta il sale di piombo che ne deriva è anch'esso di colore assai più scuro e dissimile

nella forma cristallina e nella sensibilità, da quello preparato partendo dall'acido stifnico puro.

Al microscopio e mediante prove alla berta, tali differenze appaiono nettissime. Il motivo di questa variazione di sensibilità e di cristallizzazione per ora, a quanto mi consta, non è ancora conosciuto.

La resorcina usata per la preparazione della trinitroresorcina fonde a 108° e non ha quindi una elevata purezza, pur essendo un buon prodotto del commercio. E' particolarmente da evitare che essa contenga fenolo per non incorrere nel rischio di trovarsi in presenza di ac. picrico e relativi picrati.

La preparazione dell'acido stifnico viene fatta nel modo seguente: in una ampia caldaia di acciaio inossidabile, nella cui intercapedine possono circolare a volontà acqua di raffreddamento e vapore, viene posto ac. solforico al 96% contenente lo 0,3% di acido nitroso-nitrico.

Al liquido riscaldato a 90° e mantenuto in agitazione da un apposito agitatore, vengono aggiunti a piccole porzioni, resorcina finemente macinata nelle proporzioni di circa il 13% rispetto all'acido solforico. Essendo la reazione esotermica non vi è più bisogno di riscaldamento oltre quello iniziale, ma conviene bensì aver cura di non aggiungere troppa resorcina in una sola volta al fine di non provocare un innalzamento della temperatura al disopra di 100°.

Le proporzioni dei componenti per la produzione dell'acido stifnico sono le seguenti:

Resorcina	Kg. 20
Ac. nitrico al 98% . . .	Kg. 56
Ac. solforico al 94% . .	Kg. 168

Dai suddetti componenti si ottengono Kg. 35-36 di ac. stifnico.

Il liquido inizialmente chiaro, acquista a mano a mano, un colore violaceo scuro per divenire infine torbido e poltiglioso. In circa 4 ore l'operazione è compiuta e a questo punto, sempre mantenendolo in agitazione, si fa circolare nell'intercapedine acqua di raffreddamento, portando la massa a 18°. Raggiunta questa temperatura si inizia la nitrazione facendo defluire in caldaia ac. nitrico al 98% in filo sottile, nella proporzione di circa il 34% rispetto all'acido solforico, curando che la temperatura non superi i 22-24°. A cagione della reazione fortemente esotermica, l'acido nitrico deve essere aggiunto in modo assai lento raffreddando e mantenendo in vivace agitazione la massa reagente.

Per ottenere una buona resa e un ac. stifnico ben cristallizzato (fig. 129) soffice e non melmoso, ho constatato che la nitrazione deve essere compiuta in non meno di 8 ore. Terminata l'aggiunta di ac. nitrico, si seguita ad agitare ancora per un'ora e si travasa quindi la massa di color marrone scuro entro apposite bacinelle ove si lascia in riposo per 12 ore. In capo a questo tempo, si diluisce con acqua e si raccoglie su filtro, sotto aspirazione, l'acido stifnico separatosi che si lava a lungo fino a quando nelle acque non vi siano più tracce di acido solforico. Tali acque di lavaggio è bene convogliarle non in fiumi e laghi dove vi siano pesci dato che sono velenose e tanto meno in canali di irrigazione. **Si possono facilmente purificare con soda mandandole poi in pozzi sperdenti lontani però sempre da sorgenti di acqua.**

Il prodotto viene conservato umido entro cassette di legno.

Da Kg. 20 di resorcina, come ho detto, si possono ottenere circa 36 Kg. di ac. stifnico giungendo fino a Kg. 39, pari ad una resa dell'88% del teorico. Ritengo opportuno far notare che durante il lavaggio dell'acido stifnico con acqua, si sviluppano una quantità enorme di vapori tossici di ipoazotite per cui tale operazione bisogna che sia fatta sotto un'apposita cappa munita di un aspiratore che convogli i fumi in giarre di ricupero sul tipo di quelle del fulminato di mercurio.

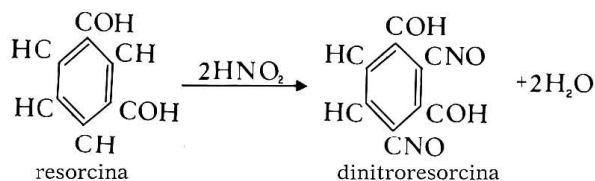
DINITRORESORCINA (p.m. 168,04)

La dinitroresorcina ($C_6H_4O_4N_2$) fu ottenuta da diversi studiosi quali Fitz, Kostanecki, Goldscmidt e Girard, per azione dell'acido nitroso sulla resorcina:

COH
HC CH
HC COH
CH
resorcina

$\xrightarrow{2HNO_2}$

COH
HC CNO
HC COH
CNO
dinitroresorcina

$+2H_2O$

Imbrunisce a 140° ed esplode a 164-165°.

Nell'industria, secondo H. Ficheroulle e R. Soule si prepara introducendo 140 litri d'acqua e 3,12 litri di acido solforico a 65,5° Bé in un apparecchio smaltato da litri 250. Si aggiungono lentamente 5,6 Kg. di resorcina e 50 Kg. di ghiaccio tritato. Indi si sciolgono 7,5 Kg. di nitrito di sodio in 14 litri d'acqua e, sotto agitazione, si fa colare la soluzione ottenuta nella miscela. Precipita così la dinitroresorcina sotto forma di pasta gialla. Indi si aggiunge una soluzione calda di 240 gr. di solfato di sodio in 1 litro d'acqua. Il precipitato viene raccolto su filtro, lavato con alcool ed essiccato.

Dinitroresorcinato di Piombo.

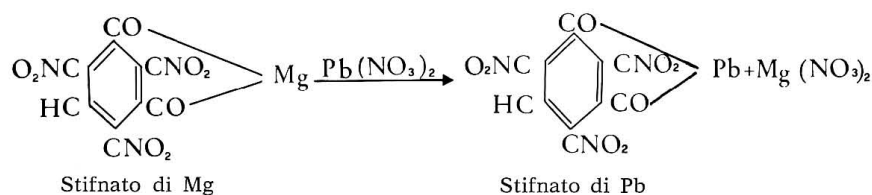
Si prepara in modo simile al trinitroresorcinato di piombo. Esso è meno sensibile del tetrile, è meno stabile dello stifnato di piombo e non può essere conservato lungo tempo. Ha una temperatura di accensione molto bassa e molto vicina a quella del fulminato di mercurio. Fu usato in Francia in cariche di copertura o in composizioni da accendersi elettricamente.

TRINITRORESORCINATO O STIFNATO DI PIOMBO (p.m. 450,24)

Lo stifnato di piombo ($C_6HN_3O_8Pb$) fu preparato per la prima volta da Herz trattando una soluzione acquosa acetica di nitrato di piombo con stifnato di sodio. Attualmente invece si ottiene per azione del trinitroresorcinato di magnesio sul nitrato di piombo ed ecco la reazione:

CO
O_2NC CNO_2 Mg
HC CO
CNO_2
Stifnato di Mg

$\xrightarrow{Pb(NO_3)_2}$

CO
O_2NC CNO_2 Pb $+ Mg(NO_3)_2$
HC CO
CNO_2
Stifnato di Pb

Preparazioni delle soluzioni - La preparazione si può far avvenire nella stessa colonna che serve per l'azotidrato di piombo, oppure nella vasca semisferica come precedentemente descritto per l'azotidrato.

Le due soluzioni reagenti si preparano nel modo seguente:

Soluzione A - Acido stifnico al 20%.

La soluzione viene preparata per comodità in due volte e cioè si sospende l'acido stifnico in acqua distillata ed agitando vigorosamente si aggiunge poco alla volta ossido di magnesio nella proporzione di circa il 34% dell'acido stifnico.

La trasformazione dell'acido stifnico in stifnato di magnesio solubile in acqua è istantanea, per cui quando tutto l'ossido di magnesio è stato aggiunto, si ha una soluzione limpida e fortemente colorata in marrone.

Se ne prelevano circa 5 cc., si diluiscono in acqua fino ad avere un liquido colorato leggermente e tale da permettere un preciso apprezzamento di viraggio dell'indicatore e si titola con NaOH N/2 in presenza di fenolftaleina. L'acidità espressa in ac. solforico deve aggirarsi intorno all'1%. Eventuali correzioni possono farsi sia aggiungendo ossido di magnesio, sia, se l'acidità risultasse troppo bassa, acido acetico.

Preparati in questo modo Kg. 20 di ac. stifnico, la soluzione portata a 100 litri e riscaldata a 60°, è pronta per l'uso.

Soluzione B - Nitrato di Piombo al 30%.

Si scioglie il nitrato di piombo, di elevata purezza, nella proporzione di 1 a 3 rispetto all'acido stifnico, in acqua distillata calda e si porta a 100 litri riscaldandola a 60°.

Ecco i due sistemi di fabbricazione:

1) Le due soluzioni così preparate, vengono inviate nella coppa della colonna di precipitazione con flusso di intensità pari a 65 litri/ora, mantenendo in seno al liquido un'agitazione vivace a mezzo di una corrente d'aria. La formazione dei cristalli è immediata ed essi vengono fatti defluire continuamente dal tubo di scarico, posto in fondo alla colonna di precipitazione e raccolti su filtri di tela ove si separano dalle acque madri.

Per tutta la durata della precipitazione la temperatura va mantenuta tra i 55 e i 60°.

Dopo un lungo lavaggio con acqua distillata fredda, fatto per decantazione nello stesso filtro ove i cristalli si raccolgono, l'esplosivo viene posto entro mastelli di ebanite o gomma conduttrice e conservato sott'acqua fino al momento dell'uso. Operando in queste condizioni la resa si aggira intorno al 72% del teorico e cioè del 120% rispetto all'acido stifnico adoperato.

Nella fabbricazione dell'acido stifnico si ottengono sia nell'apparecchio a colonna che nella vasca semisferica di acciaio inossidabile della quale abbiamo già parlato, delle croste che occorre staccare con molta cautela adoperando acido nitrico come per l'azotidrato di piombo.

2) *Attualmente, sempre servendosi dello stesso apparecchio non a colonna descritto per l'azotidrato di piombo, per ottenere lo stifnato di piombo si opera nel seguente modo:*

Si parte direttamente dalla soluzione di stifnato di magnesio che si può trovare in commercio e di cui se ne sciolgono litri 2 con densità 1,20-1,25 in 9 litri di acqua distillata.

In un altro recipiente e possibilmente in locali diversi, si sciolgono Kg. 1 di nitrato di piombo in litri 2,800 di acqua distillata. Indi le due soluzioni si filtrano ognuna per conto proprio.

Mantenendo la temperatura sopra i 70°, le due soluzioni si fanno affluire lentamente nella vasca semisferica di acciaio inossidabile riscaldata sempre a 70° tenuta in agitazione o con aria compressa o con agitatore meccanico possibilmente in materia plastica o in gomma conduttrice. Si è provato, con buoni risultati, anche a mettere tutta la soluzione di stifnato di magnesio nella vasca semisferica mantenendola sempre in agitazione, facendovi giungere pian piano la soluzione di nitrato di piombo. Si risparmia così molto tempo, ma si ha un rendimento un po' inferiore.

Dopo qualche minuto sia col primo che col secondo sistema si controllano i cristalli, e in caso fossero troppo appuntiti, si aggiunge un po' d'acido acetico glaciale fino a che questi non si presentano con gli spigoli leggermente arrotondati.

Quindi i cristalli vengono versati sul setaccio, con circa 225 maglie per cm.^{2}, lavati e asciugati col solito sistema. Il rendimento si aggira sempre sul 110-120% rispetto all'acido stifnico adoperato.

Da qualche tempo lo stifnato di piombo ha assunto molta importanza oltre che per il caricamento dei detonatori e delle capsule da guerra, anche per le capsule da caccia tipo antiruggine o inossidabili (inox) come vedremo più avanti.

A puro titolo di curiosità, citerò una prova che qualcuno fa, e specialmente all'estero, per accertarsi della pericolosità dello stifnato al momento di adoperarlo *per caricare capsule ad umido.*

Si prende una piccola quantità di stifnato di Pb contenente dal 15 al 30% di acqua, vi si pone sopra un pizzico di polvere nera e si accende. Se il materiale non brucia è considerato sicuro nella composizione di miscele per inneschi *col processo ad umido* (vedi più avanti), se il materiale brucia, significa che è soggetto ad accendersi e a detonare anche in stato di umidità mentre è maneggiato ed è quindi considerato pericoloso.

CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE

Lo stifnato di piombo è una sostanza cristallina di colore caratteristico giallo arancio, a differenza dei composti mono e binitrati che sono gialli. I cristalli molto nitidi si presentano sotto forma di ottaedri, pseudomonometrici ed appartenenti al sistema rombico (figg. 130-131).

Quando è precipitato, contiene una molecola di acqua di cristallizzazione che perde a 140°. La solubilità in acqua a 17° è di 0,09%. Il suo peso specifico è di 3,1. La densità apparente varia da 1,4 a 1,6. Riscaldato a 270-280° esplode. E' solubile in bromoformio, alcool metilico ed acido nitrico; è insolubile invece in cloroformio, benzolo, acido cloridrico, acido acetico alla temperatura ambiente; non è intaccato da alcali ed ammoniaca (fig. 132).

E' decomposto dall'acido nitrico e solforico concentrato. E' molto

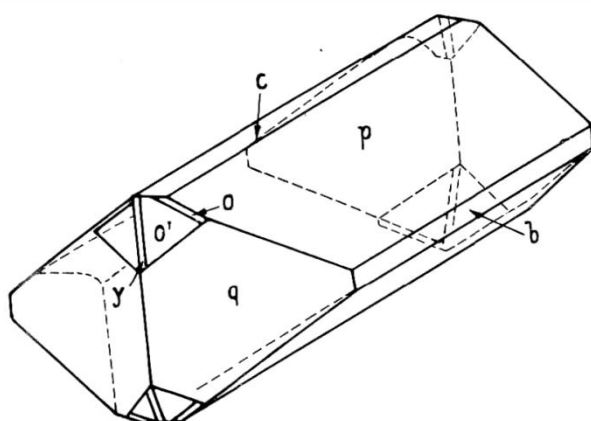



FIG. 130

Particolare di un cristallo di stifnato di piombo.

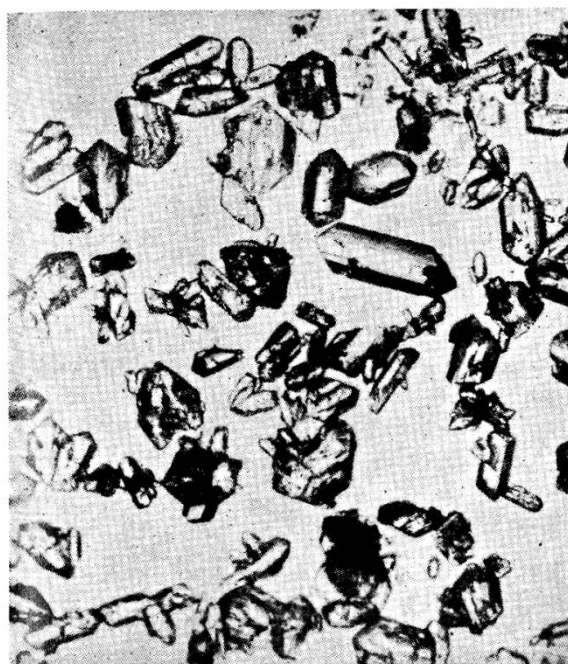



FIG. 131
Cristalli di stifnato di piombo.

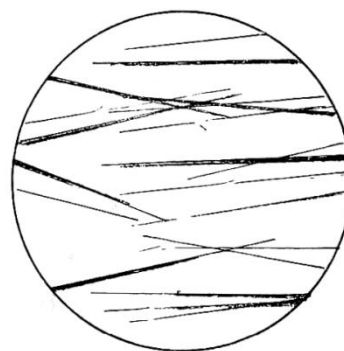



FIG. 132

Stifnato di Piombo cristallizzato dall'etere acetico.

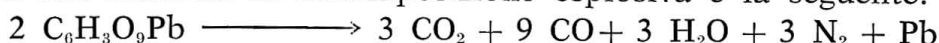
stabile come l'azotidrato di piombo. Non è igroscopico, però allo stato puro, si carica facilmente di elettricità statica e detona facilmente per le cariche elettrostatiche *che si possono eliminare con l'aggiunta di qualche diselettrizzante che trovasi in commercio.*

La sua sensibilità all'urto è molto vicina a quella del fulminato di mercurio, e allo scuotimento è simile a quella dell'azotidrato di piombo. Tale sensibilità diminuisce con l'umidità; la velocità di detonazione con l'aumentare della densità. Il suo potere di innesco è debole per tutti gli esplosivi all'infuori della pentrite non compressa; ma in questo caso, per ottenere la detonazione, occorrono gr. 0,55 invece di 0,30 di fulminato di mercurio e di 0,04 di azotidrato di piombo.

Il suo punto di accensione è di 257°, quindi relativamente basso per cui è adoperato principalmente nella carica dei detonatori, mescolato all'azotidrato di piombo per aumentare la sensibilità della fiamma di quest'ultimo. Di miscele azotidrato-stifnato ve ne sono anche di 70/30, 60/40, 50/50 a seconda dei tipi di detonatori o di capsule.

Una cosa importantissima è questa: secondo gli ultimi studi, lo stifnato di piombo non intacca nè l'ottone, nè altri metalli, nè gli esplosivi secondari usuali (Les substances explosives et leurs nuisances di Calzia Ed. Dunod; 1970) per cui si può adoperare per caricare anche capsule o detonatori di ottone o rame; però, a mio avviso, è sempre bene verniciarli prima con soluzione alcoolica di gomma lacca al 5% circa.

La sua reazione di decomposizione esplosiva è la seguente:

$$2\ C_6H_3O_9Pb \longrightarrow 3\ CO_2 + 9\ CO + 3\ H_2O + 3\ N_2 + Pb$$

Principali caratteristiche:

Peso specifico	3,1
Trauzl, cc.	122
Temperatura decomposizione esplosiva	280°
Velocità detonazione con densità 2,9, m/s	5200
Temperatura della fiamma di esplosione	2700°
Volume specifico Atm/Kg.	407
Punto d'accensione	257°
Calore d'esplosione in Kal/Kg.	310
Sensibilità alla berta da Kg. 2, cm.	9
Forza Kg/cm.^{2}	3900
Bilancio O_2	— 18,8%
Calore molecolare di formazione, Kcal.	— 92,3

Essiccamento - Si opera come per il fulminato e l'azotidrato di piombo.

Per le norme di sicurezza, valgono le stesse dell'azotidrato di piombo. Posso aggiungere per esperienza personale che ho potuto notare il maggior numero di scoppi sia alle tramogge che in altri posti, tanto per l'azoturo che per lo stifnato o della loro miscela, nelle giornate a basso tenore di umidità e un po' fredde. Nei reparti di lavorazione di tutti gli esplosivi primari o sensibili, occorre mettere delle piastre di alluminio collegate a terra sulle quali gli operai appoggiando le mani, possano scaricare l'eventuale elettricità da essi contenuta e cioè l'elettricità statica.

Naturalmente nei reparti di lavorazione è obbligo portare scarpe di gomma, i pavimenti devono essere di materiale antiscintilla (adatto il linoleum o meglio ancora la gomma conduttrice). E' bene che gli operai non portino oggetti metallici di nessun genere e, cosa che sembrerebbe un po' esagerata, ma che pure ha la sua importanza, è quella di tener le unghie corte per evitare dannosi sfregamenti e di portare indumenti possibilmente non di fibre sintetiche tipo nailon o rayon che possono produrre scintille o caricarsi di elettricità. **Gli anelli alle dita sono assolutamente da proibire. E' logico inoltre che tutte le apparecchiature devono essere messe a terra e spesso controllate.**

Durante le giornate asciutte, è bene provocare umidità artificiale immettendo nel locale un po' di vapore attraverso un rubinetto o inaffiando frequentemente per terra.

Distruzione dello stifnato - Lo stifnato di piombo si può decomporre sciogliendolo in una soluzione al 20% di soda o al 20% di acetato d'ammonio, aggiungendo poi una soluzione di bicromato di sodio.

DETERMINAZIONE DEL PIOMBO COME SOLFATO NELLE MISCELE DI AZOTIDRATO E STIFNATO DI PIOMBO

Si pesano esattamente gr. 0,2-0,3 di miscela, mescolata nel miglior modo possibile, e si mette in un crogiolo di porcellana di forma alta e piuttosto ampio.

Sopra la miscela, con molta cautela, si versano delle gocce di ac. solforico conc. in quantità tale da ricoprire appena la sostanza. Per circa 30' si lascia reagire la soluzione (svolgimento di gas e di calore) quindi si riscalda in un bagno evitando però il contatto diretto della fiamma ed avendo cura di evitare schizzi od una troppo vivace reazione, finchè non si svolgono più fumi bianchi. Allora si calcina a bagnomaria o meglio in muffola a moderato calore per circa 60'. Il residuo solfato a questo punto deve essere perfettamente bianco e se invece fosse grigio o giallognolo bisogna lasciar raffreddare il crogiolino, bagnare di nuovo il residuo con ac. solforico e ripetere quanto già era stato fatto per il riscaldamento e la calcinazione. Ottenuto ciò si fa raffreddare il crogiolino in essiccatoio e si pesa, si ripetono le operazioni (calcinazione e pesata), fino a che non si raggiunge il peso costante. Se il residuo è già bianco alla prima calcinazione non si debbono riscontrare diminuzioni di peso notevoli alla successiva pesata; se ciò avvenisse se ne dovrebbe attribuire la causa ad un riscaldamento troppo forte.

Per il calcolo si moltiplicano i grammi di solfato di piombo per il fattore di trasformazione 0,6833 (log. 83461) ottenendo il piombo totale. Se interessa conoscere anche la quantità di stifnato di piombo e di azotidrato presente, si possono applicare queste due formule:

$$\text{Stifnato di Piombo} = \frac{0{,}7108 \times S}{0{,}2684} - P$$

$$\text{Azotidrato di Piombo} = \frac{0{,}4424 \times S}{0{,}2684} - P$$

Naturalmente per il calcolo delle percentuali basterà dividere i valori ottenuti per il peso della sostanza e moltiplicare per 100. Anche qui riportiamo i logaritmi dei numeri fissi compresi nelle formule:

log. 07108 = 85175 log. 02684 = 42878
» 06833 = 83461 » 04424 = 64582

Calcolo

Stifnato puro	Azotidr. puro	Azotidr. 5% puro
Gr. 0,6450	Gr. 0.4779	Gr. 1,1558
» 0,4414	» 0,2618	» 0,9614
Gr. 0,2036 (s	Gr. 0,2161 (s	Gr. 0,1944 (s
Gr. 0,6450	Gr. 0,4779	Gr. 1.1558
» 0,5137	» 0,2574	» 0,9528
Gr. 0.1313 ($PbSO_4$)	Gr. 0,2205 ($PbSO_4$	Gr. 0,2030 ($PbSO_4$

Stifnato puro	Azotidrato puro	Azotidrato 5% puro
83.461 +	83.461 +	83.461 +
11.826	34.341	30.750
95.287 —	17.802 —	14.211 —
38.878	33.465	28.870
64.409 = 44,06 (Pb	84.337 = 69,72 (Pb	85.341 = 71,36 (Pb
64.409	84.337	85.341
64.582	85.175	85.175
99.827 = 99,60 (Stif	99.159 = 98,08 (Stif	166 = 100 (Azot.

ANALISI DELLE PRINCIPALI MATERIE PRIME PER LA FABBRICAZIONE DELL'AZOTIDRATO E DELLO STIFNATO DI PIOMBO

Sodio metallico.

Si pesa 1 gr. di sodio metallico alla bilancia di precisione e si scioglie pian piano a minuscoli pezzi in un po' d'acqua (attenti agli schizzi negli occhi) e poi si porta al volume di 250 cc. Con questa soluzione sarà possibile fare le dovute ricerche.

Titolo - Con una pipetta si prelevano 25 cc. di sostanza che si travasano in un bicchiere dove si versano alcune gocce di metilarancio. Si passa quindi a neutralizzare questo con Ac. Solforico N/2 e i cc. di quest'ultimo moltiplicati per il fattore di trasformazione (1,15) e diviso per il peso del sodio metallico, portati a 100, daranno la percentuale del titolo.

Metalli pesanti - Si prelevano circa 50 cc. della soluzione e si neutralizzano con ac. cloridrico N/2 in presenza di fenolftaleina. Raggiunta la neutralizzazione si aggiungono ancora alcune gocce di ac. cloridrico N/2. Il bicchiere sul quale si è fatto ciò, si mette alla fiamma a 70-80° e quindi alla corrente del Kipp. Se c'è presenza di metalli pesanti si osserverà una colorazione nera. Invece del Kipp si può usare solfuro d'ammonio. Sono da ricercarsi: ferro, cloruri, nitrati, solfati e in particolare il:

Calcio - Si neutralizzano 50 cc. con HCl N/2 in presenza di fenolftaleina; dopo si aggiungono circa 5 cc. di cloruro d'ammonio ed ammoniaca fino a leggera reazione alcalina, quindi ossalato di ammonio bollente. Se il calcio è presente noteremo intorbidamento dovuto alla precipitazione di quest'ultimo; ma per essere più sicuri sarà bene tenere il bicchiere almeno mezz'ora a bagnomaria.

Ritengo opportuno far presente che questa è una delle ricerche più importanti per le ragioni esposte precedentemente. Il così detto « scoppio del tamburo » può intralciare la lavorazione e molte volte produrre danni notevoli e perdita di tempo enorme.

Acetato di piombo.

Impurezze - Gr. 1 di acetato sciolti in acqua, devono lasciare la soluzione limpida. Le ricerche del ferro, rame, alluminio devono essere negative.

Resorcina.

Le determinazioni e le ricerche da farsi su questo composto sono le seguenti:

Solfonazione - Si versano 50 cc. di ac. solforico in una capsula che si scalda a bagnomaria fino a 50° dopo di che si uniscono gr. 11 di resorcina ben pestata avendo però l'avvertenza di metterla poco alla volta onde evitare che il calore sviluppato da queste due sostanze non oltrepassi la temperatura di 100°. Perciò sarà bene tenere un termometro immerso nella capsula per regolare appunto l'immissione della resorcina nell'ac. solforico. Per superare favorevolmente la prova della solfonazione, la resorcina si deve sciogliere interamente e deve assumere uniformemente una colorazione cioccolato chiaro.

Ceneri - Non devono superare lo 0,05%.

Punto di fusione - Si determina secondo il solito sistema e oscilla sui 108°

Fenolo - Gr. 1 di resorcina, sciolto in 20 cc. di acqua deve produrre una soluzione perfettamente limpida; tale soluzione non deve odorare di fenolo.

Acidi liberi - Si scioglie 1 gr. di resorcina in 10 cc. di alcool e si aggiungono alcune gocce di tintura di tornasole. In tale modo la soluzione dovrebbe assumere una colorazione azzurra, ma qualora fosse invece rossa, una goccia di NaOH N/10 deve essere sufficiente a darle la colorazione azzurra.

Analisi dell'acido stifnico.

Di questo acido è necessario ricercare con precisione l'umidità e stabilire se contiene o meno l'acido solforico dannoso per l'uso cui è destinato, e quindi non tollerato in abbondanza.

Umidità - Il pesafiltro previamente essiccato con dentro 10 gr. di ac. stifnico viene posto in stufa a 90° e qui tenuto per almeno 4 ore, fino al raggiungimento del peso costante.

Punto di fusione - Viene eseguito col solito sistema e generalmente oscilla tra 173° e 174°.

Acido solforico - In un po' d'acqua si fa sciogliere dell'acido stifnico, filtrando poi questa soluzione. Il filtrato viene saggiato con poche gocce di cloruro di bario e se c'è presenza di ac. solforico si noterà un denso intorbidamento. Piccole tracce vengono generalmente tollerate.
Altre ricerche da eseguirsi sono: carbonati, cloruri, nitrati, calcio, ferro e metalli pesanti, sostanze insolubili in ac. cloridrico, solfati, bario.

Ossido di magnesio.

Titolo - Si sciolgono gr. 5 esattamente pesati in un eccesso di soluzione titolata di ac. cloridrico. Si titola l'eccesso con idrato sodico adoperando metilarancio. 1 cc. di soluzione = 0,01008 (N/2 di MgO).

Nitrato di Piombo.

Ecco quali sono le ricerche da farsi su tale sale:

Umidità - Si determina su 10 gr. di sostanza in stufa a 100°.

Titolo in piombo - Una quantità esattamente pesata, si riscalda molto cautamente in un crogiolo di porcellana coperto e si pesa il residuo come PbO.

Oppure si opera nel seguente modo: si scioglie in acqua, e si tratta in una capsula di porcellana con un eccesso di ac. solforico diluito, si evapora a bagnomaria, si riscalda a fuoco diretto fino ad esaurimento di vapori di ac. solforico e si lascia raffreddare. Si aggiunge un po' d'acqua, si agita, si lascia riposare qualche ora e si filtra in crogiolo di Goock. Si lava con ac. solforico al 4%, poi con alcool e si secca a 100°. Si umetta il precipitato nel crogiolo tarato con ac. cloridico diluito, si evapora a secco a bagno maria, si aggiungono 2 gocce di ac. solforico conc., si riscalda a fuoco diretto fino a cessazione di sviluppo di vapori solforici, si calcina leggermente e si pesa. Il peso del solfato di Pb, moltiplicato per 0,6833 dà la quantità di Pb contenuta nella sostanza primitiva.

GUANILNITROSOAMMINA O TETRAZENE (p.m. 188,11)

Tale esplosivo, chiamato anche **Tetracene** ($C_2H_8N_{10}O$) è completamente sintetico e la sua formula si può così rappresentare:

$$\begin{array}{ccccccccccccccccc}
NH_2 & & & & & & & & & & & & & & & & O \\
| & & & & & & & & & & & & & & & & \| \\
C & — & N & - & N & - & N & = & N & - & C & — & N & - & N & - & N \\
\| & & | & & | & & & & & & \| & & | & & | & & \\
NH & & H & & H & & & & & & NH & & H & & H & &
\end{array}$$

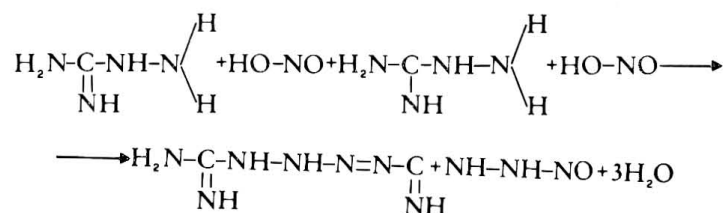
Esso viene impiegato specialmente negli Stati Uniti in moltissime miscele sia per detonatori che per capsule, ma ora va diffondendosi anche in Europa mescolato a sostanze ossidanti per le capsule *Inox* a causa della bassissima temperatura di accensione (140°), miscelato allo stifnato di piombo.

Quantunque fosse scoperto fin dal 1892 da J. Thiele, venne introdotto nella tecnica degli esplosivi soltanto verso il 1928.

La preparazione passa attraverso le seguenti fasi: si parte dalla calciocianamide e quindi alla diciandiamide, al nitrato di guanidina e infine alla aminoguanidina. Il metodo di fabbricazione rimase segreto per molto tempo. Attualmente però si prepara per azione di un sale dell'aminoguanidina (solfato o bicarbonato) con nitrato sodico in assenza di acidi minerali:

$$H_2N-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-NH-N{<}^{H}_{H} + HO-NO + H_2N-\underset{\underset{NH}{|}}{C}-NH-N{<}^{H}_{H} + HO-NO \longrightarrow$$

$$\longrightarrow H_2N-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-NH-NH-N=N-\underset{\underset{NH}{\|}}{C} + NH-NH-NO + 3H_2O$$

Metodi di preparazione

Secondo Rikembac e Berton, la preparazione in laboratorio si può eseguire nel seguente modo: si sciolgono in 1 litro d'acqua gr. 60 di nitrito sodico con 75 gr. di aminoguanidina aggiungendovi poi alcune gocce di acido acetico. Si scalda su bagnomaria, e a mezzo di un agi-

tatore, si tiene in forte movimento la massa. Dopo una mezz'ora ha inizio la cristallizzazione che termina dopo circa due ore. Si raffredda, si raccolgono i cristalli così ottenuti in un imbuto, e dopo averli lavati con acqua e alcool si seccano in stufa a 50° come gli altri esplosivi primari sopra descritti.

Metodo francese - In Francia si ottiene nel seguente modo: gr. 122 di solfato di amminoguanidina vengono sciolti a freddo in 1 litro di acqua distillata, nello stesso modo si sciolgono gr. 75 di nitrito di sodio.

I 122 gr. di solfato di amminoguanidina si versano, dopo averli filtrati, in un cilindro graduato da 1500 cc. con rubinetto sul fondo. I 75 gr. di nitrito di sodio sciolti nel litro di acqua distillata, dopo l'ag-

FIG. 133
Cristalli di tetrazene.

giunta di 3 cc. di acido acetico glaciale, vengono messi in un pallone di vetro pirex da litri 6 immerso in un bagnomaria a circa 50° e si comincia a far gocciolare il solfato di amminoguanidina nel pallone da litri 6 agitandolo in rotondo ogni 5' e sempre nella stessa direzione.

Finita l'operazione di sgocciolamento, il pallone si fa raffreddare sempre nel bagnomaria per circa 10' *senza tappo*. Quindi si lascia in riposo agitando due o tre volte e si vedranno precipitare a poco a poco i cristalli di tetrazene; si lava quindi per decantazione, si conserva sott'acqua e si essica a 45°. Da molte prove eseguite ho avuto in media

gr. 71 di tetrazene e cioè il 58% rispetto al solfato di amminoguanidina adoperato.

Un altro metodo molto spiccio per avere il tetrazene è il seguente: si prendono gr. 600 di solfato di amminoguanidina e si sciolgono in cc. 2000 di acqua a 70°. In un altro recipiente 240 gr. di nitrito di sodio si sciolgono in 2000 cc. di acqua a 70°.

Nella soluzione di solfato di amminoguanidina si fa cadere, sotto agitazione a goccia a goccia, la soluzione di nitrito di sodio. Dopo qualche minuto inizia la precipitazione con forte sviluppo di gas per cui occorre un buon aspiratore sotto la cappa.

In circa un'ora si fa la precipitazione del tetrazene con un rendimento di circa il 50% rispetto al solfato di amminoguanidina adoperato.

Proprietà chimico-fisiche

Il tetrazene si presenta al microscopio in cristalli a forma di lunghi prismi a punta (fig. 133), voluminosi, polverulenti, per cui, ad occhio nudo, dà l'impressione di essere una polvere soffice, di colore bianco giallastro fino al bruno, a seconda del metodo di preparazione, non igroscopico e stabile. La sua densità apparente è di 0,5 e, se compresso a 200 Kg/cmq. può giungere ad 1,05. La sua densità reale è di 1,7.

La sua solubilità in acqua è minima (gr. 0,2 per litro) e non viene estratto dai comuni solventi. E' sciolto però dall'ac. cloridrico concentrato, e l'acqua bollente lo decompone liberando azoto; è idrolizzato dalla soda con formazione di ammoniaca, di cianamide e di triazonitroso-amminoguanidina.

Non intacca nè i metalli nè altri esplosivi. E' stabile quanto il fulminato di mercurio.

La temperatura di accensione è la più bassa fin'ora osservata tra gli esplosivi innescanti ed è precisamente di 140°. La sensibilità alla frizione è quasi nulla per cui dovrebbe venire considerato più un flemmatizzante che un vero e proprio esplosivo d'innesco. Acceso nella misura di alcuni decimi di grammo, brucia scoppiettando senza deflagrare e, caso strano, se riscaldato lentamente su una lamiera di ferro, esplode con netta detonazione (Stettbacher, Nitrocellulose, maggio 1941). Non viene mai usato da solo per la sua scarsa sensibilità, ma sempre in miscela con altri esplosivi più energici, tipo stifnato di Piombo, anche perchè ha un limite di compressione molto basso, oltre il quale non riesce più a funzionare e anche perchè, essendo estremamente leggero, il suo dosamento e quindi il caricamento diventa molto difficoltoso.

E' stabile fino a 75°, si decompone a 100°. Non compresso non innesca nè tritolo nè tetrile, ma può far detonare la pentrite.

Esso avendo non meno del 74,44% di azoto ed appena l'8,5% di ossigeno, è senza dubbio a formazione fortemente endotermica, e ciò spiega il suo elevato potere dirompente e svasante (10 gr. al trauzl

danno 156 cc.). La sua costituzione spiega anche perchè il tetrazene, in unione a sostanze ossidanti, come per es. il nitrato di bario, diventa più efficiente.

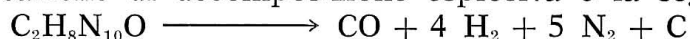
La brisanza, ovvero la sua dirompenza se usato solo o acceso con una miccia, è più grande quando l'esplosivo è poco compresso. Per es. gr. 0,4 di tetrazene non compressi, frantumano, alla prova della sabbia, gr. 13,1 di quest'ultima, compressi a 35 Atm. ne frantumano 7,5, a 200 Atm. 2 gr. Oltre questo limite non detona più perchè super compresso.

Acquista sempre maggior calore brisante se miscelato agli altri esplosivi primari come per es. al fulminato, stifnato, azotidrato e in questo modo viene usato in alcuni detonatori e in alcune capsule.

Inoltre il tetrazene pare abbia un ruolo importante nell'azione protettrice contro l'erosione delle armi e come sensibilizzante (Men. poudre 31-7-1949 Ficheroulle e A. Kovache).

Si distrugge versandolo in acqua bollente e facendolo bollire per un po' di tempo.

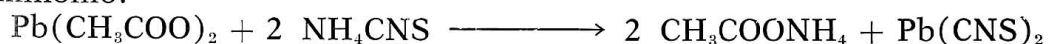
La sua reazione di decomposizione esplosiva è la seguente:

$$C_2H_8N_{10}O \longrightarrow CO + 4\ H_2 + 5\ N_2 + C$$

PRINCIPALI CARATTERISTICHE

Densità apparente	0,5
Temperatura di accensione	140°
Temperatura di fusione	129°
Sensibilità alla berta con peso di Kg. 2, cm.	5
Sensibilità alla berta usando gr. 0,02 di esplosivo con peso di Kg. 1, cm.	33
Calore d'esplosione cal/gr.	663,5
Trauzl, cc.	156
Bilancio di Ossigeno	— 37,23%
Volume di esplosione Kg/l.	1190

SOLFOCIANATO DI PIOMBO (p.m. 323,346)

Il solfocianato di Piombo [$Pb(CNS)_2$] si ottiene facendo reagire 379 parti di acetato di piombo neutro e 8 parti di solfocianato di ammonio:

$$Pb(CH_3COO)_2 + 2\ NH_4CNS \longrightarrow 2\ CH_3COONH_4 + Pb(CNS)_2$$

I solfocianati prendono anche il nome di solfocianuri, tiocianati, tiocianuri, rodanati, rodanuri e tutti si ottengono per doppia decomposizione dal solfocianato di ammonio o di calcio.

La miscela di solfocianato di ammonio e acetato di Pb neutro va umettata su un piano di gomma con spatola di gomma; quando è

umida tale miscela non è molto sensibile allo sfregamento ma molto sensibile all'urto.

Ho notato, durante prove eseguite, che tali miscele al solfocianato, producono una gran fiammata che può servire per accendere un detonatore iniziale o una miscela pirotecnica, ma non sono da classificarsi tra gli esplosivi innescanti veri e propri, perchè, pur facendo un discreto colpo, non sono in grado di provocare un'onda di detonazione capace di innescare con sicurezza un esplosivo tipo TNT, T_4, Pentrite, ecc.

In Francia sono state fatte molte miscele al solfocianato e così pure in Italia, ma non sono molto usate. Ne citerò alcune:

Clorato di potassio	50%
Solfocianato di Pb	10
Ferrocianuro di Pb	40

Clorato di Potassio	50%
Solfocianato di Pb	53%
Tritolo	25%
Solfuro di antimonio	17
Siliciuro di calcio	5

Solfocianato di mercurio	49,2%
Clorato di Potassio	50,8

Solfocianato di rame	30 - 40
Clorato di potassio	50 - 55
Solfuro di antimonio	10 - 10
Polvere di vetro	10 - 5

Clorato di potassio	54,8%
Caucciù bruno	0,5
Carbone	0,8
Solfocianato di Hg	28,5
Ferrocianuro di Pb	15,4

Tutte queste miscele che sono essenzialmente di accensione, sono fatte ad umido e sono piuttosto pericolose se fatte asciutte. Esse servono specialmente per uso bellico.

Il caricamento viene fatto mescolando alla miscela solida per ogni 100 gr., il 13-14% di soluzione gommosa composta di: gomma arabica 59%; gomma dragante 32%; timolo 0,3%; alcool 3,2%; colla animale 5,5%; acqua litri 1.

Citerò, a titolo di curiosità, una delle miscele più conosciute e meglio rispondenti allo scopo a base di solfocianato di Pb e di azotidrato di piombo, anche se la percentuale di quest'ultimo è molto bassa. E' stata impiegata per capsule a percussione come carica primaria, seguita da una seconda carica di azotidrato di piombo puro:

Clorato di potassio	50-55%
Solfuro di antimonio	15-18%
Solfocianato di piombo	circa 25%
Azotidrato di piombo	circa 5%

Il clorato naturalmente agisce da ossidante.

ANALISI MISCELA CLORATO DI POTASSIO, AZOTIDRATO DI PIOMBO, SOLFURO DI ANTIMONIO, CARBORUNDUM

Clorato di potassio - Circa 1 gr. di miscela viene posta in un crogiolo filtrante della capacità di 15 cc. tarato. Si aggiungono 3 cc. di acqua distillata saturata con azotidrato di piombo alla temperatura di 25° agitando esattamente per un minuto, e se necessario, eventuali grumi di miscela saranno frantumati mediante una bacchetta di vetro, alla cui estremità sarà infilato un tubo di gomma, avendo cura di non danneggiare lo strato di amianto del fondo del crogiolo. Indi si aspira il liquido. Questo procedimento sarà ripetuto cinque volte, con un totale quindi di 6 estrazioni con 3 cc. ciascuno. Il campione si sciacqua nel crogiolo con pochi cc. di alcool ed etere e quindi seccato in stufa per circa 15' a 95°, si lascia poi raffreddare in essiccatoio e si pesa. Dalla perdita di peso si risale, col calcolo, alla percentuale di clorato potassico nel campione.

Azotidrato di piombo - Il residuo della precedente determinazione del clorato di potassio, viene trattato nel filtro stesso più volte a 5 cc. per volta con una soluzione satura di acetato di ammonio a circa 25° (non si deve adoperare la soluzione calda di acetato ammonico perchè scioglie notevoli quantità di solfuro di antimonio), agitando ogni volta per circa 30", fino a che il liquido di lavaggio non dà più precipitato giallo quando viene trattato con poche gocce di una soluzione di bicromato potassico. Non si debbono impiegare in totale più di 60 cc. di soluzione di acetato di ammonio. Il residuo si lava ancora con acqua distillata, si sciacqua con pochi cc. di alcool ed etere, e si secca in stufa a 100° per circa 15'. Si lascia raffreddare in essiccatore e si pesa. Dalla perdita di peso si risale col calcolo alla percentuale di azotidrato di piombo nel campione in esame.

Solfuro di antimonio - Il residuo dell'estrazione precedente dell'azotidrato di piombo si tratta con ac. cloridico concentrato per estrarre il solfuro di antimonio (questa estrazione si fa senza estrarre il campione dal crogiolo filtrante per non correre il rischio di danneggiare lo strato filtrante di amianto). Si aspira alla pompa, così la maggior parte del solfuro di antimonio viene estratto con l'ac. cloridrico conc. freddo, quindi si sciacqua completamente con ac. cloridrico conc. caldo. Il crogiolo col residuo viene ancora risciacquato e calcinato per distruggere lo solfo separatosi e le sostanze organiche, raffreddato in essiccatore e pesato. Dalla perdita di peso del crogiolo si risale col calcolo alla percentuale del solfuro di antimonio.

Carborundum - Si calcola per differenza dal precedente.

ANALISI MISCELA NITRATO DI BARIO, STIFNATO BASICO DI PIOMBO, TETRAZENE, SOLFURO DI ANTIMONIO, AZOTIDRATO DI PIOMBO

Nitrato di bario - Una quantità di miscela di circa 0,5 gr. esattamente pesata, viene posta in un crogiolo a setto poroso, di media porosità, della capacità di 20 cc. e precedentemente tarato. Si aggiungono 3 cc. di acqua distillata saturata con azotidrato di piombo alla temperatura di 5° agitando per 1' e, se necessario, rompendo i grumi della miscela con una bacchetta di vetro alla cui estremità sarà infilato un tubo di gomma. Questo trattamento viene ripetuto cinque volte con un totale quindi di 6, adoperando per ogni volta sempre 3 cc. di acqua distillata. Il campione sul filtro viene quindi risciacquato 3 volte con alcool e

seccato in stufa a 60° per 30'. Si lascia raffreddare in essiccatore e si pesa. Dalla perdita di peso si calcola la percentuale di nitrato di bario della sostanza secca con la formula:

$$Ba(NO_3)_2\% = \frac{A - B}{W\ (1\text{-}0{,}01\ M)} \times 100 \text{ dove}$$

W = peso della sostanza adoperata
M = % di umidità della sostanza
A = peso del crogiolo + sostanza
B = peso del crogiolo + sostanza dopo l'estrazione con acqua distillata e saturata con azotidrato di piombo.

Stifnato di piombo basico - Il residuo della determinazione del bario di cui al paragrafo precedente, viene estratto più volte con 5 cc. di soluzione satura di acetato d'ammonio a circa 25° (non usare la soluzione calda per non sciogliere il solfuro di Sb) agitando ogni volta per circa 30" e lasciando stare a contatto del residuo la soluzione per circa 2". Il residuo viene lavato con acqua fino a quando il filtrato che attraversa il crogiolo rimane incolore. Il filtrato e le acque di lavaggio vengono trasportate quantitativamente in un pallone tarato da 250 cc.; il beker lavato accuratamente con acqua distillata, versandola sul pallone tarato, si porta a segno con acqua distillata. Con una pipetta tarata si prelevano 2 cc. di liquido del pallone e si versano in un palloncino tarato da 5 cc. che si porta a segno con acqua distillata. Una parte di questa soluzione si versa in una cella spettrofotometrica di vetro « corex » avente una lunghezza di circa 1 cm. ed una densità ottica determinata ad una lunghezza d'onda di 400 millimicron. Come paragone si adopera una cella analoga contenente soluzione di acetato ammonico della stessa concentrazione della soluzione del campione in esame. Poichè la cella che contiene lo stifnato di piombo basico non è identica alla cella di confronto, la densità ottica ottenuta sarà corretta come descritto sopra per la differenza nella quantità di luce che le due celle disperdono e assorbono. Per far ciò le celle si riempiranno con sol. di acetato d'ammonio e la densità ottica della cella che originariamente conteneva la sol. di stifnato di piombo basico, sarà misurata ad una lunghezza d'onda di 400 millimicron. La percentuale di stifnato di piombo basico nel campione sarà calcolata sulla sostanza secca mediante la formula:

$$\%\ \text{Stifnato basico Pb} = \frac{28\ (A - B)}{W\ (1 - 0{,}01\ M)\ D}$$

dove:
A = densità ottica della soluzione di stifnato di Pb basico
B = densità ottica della soluzione di acetato ammonico
D = lunghezza della cella « Corex » in cm.
M = contenuto in umidità del campione in %
W = peso del campione

Tetrazene - Il residuo umido ottenuto dopo la determinazione dello stifnato basico di piombo di cui al paragrafo precedente, si lava tre volte in alcool e si secca in stufa a 60° per 30', si lascia raffreddare in essiccatore e si pesa. Il residuo secco sul crogiolo si trasporta in un beker da 125 cc. con una corrente di vapore, si aggiungono 25 cc. di acqua distillata e il contenuto del beker si fa bollire su bagno di sabbia per 5'. Si versa nello stesso crogiolo e si lava tre volte nel crogiolo con acqua bollente e in vetrino con alcool. Il crogiolo si secca in stufa a 60° per 30', si lascia raffreddare in essiccatore e si pesa. Dalla perdita in peso si calcola la percentuale di tetrazene sulla sostanza secca con la formula seguente:

$$\%\ \text{tetrazene} = \frac{(C - D)\ 100}{W\ (1 - 0{,}01\ M)} \text{ dove}$$

C = peso del crogiolo e del residuo dopo l'estrazione con soluzione satura di acetato d'ammonio.

D = peso del crogiolo e del residuo dopo il trattamento con acqua bollente.

W = peso della sostanza.

M = percentuale di umidità.

Solfuro di antimonio - Dal peso del residuo della determinazione precedente del tetrazene, si ricava la percentuale di solfuro di antimonio con la seguente formula:

$$\% \text{ solfuro di antimonio} = \frac{(D - E)\ 100}{W\ (1 - 0{,}01)\ M} \quad \text{dove:}$$

D = peso del crogiolo col residuo dopo il trattamento con acqua bollente
E = peso del crogiolo
W = peso campione
M = percentuale di umidità.

Azotidrato di piombo - Si trova per differenza.

ANALISI MISCELA SOLFOCIANATO DI PIOMBO - CLORATO DI POTASSIO

Solfocianato di piombo - Circa gr. 1 di miscela esattamente pesata si versa in un beker da 250 cc. Si aggiungono 20 cc. di acqua distillata agitando con una bacchetta di vetro rivestita di gomma fino a che il campione sia completamente bagnato. Si aggiunge un volume noto di una soluzione titolata N/10 di nitrato d'argento e poi agitando, si aggiungono ancora 100 cc. di soluz. di ac. nitrico al 10%. L'acido nitrico dovrà essere esente da ossido d'Azoto. La miscela viene agitata continuamente per 5' aggiungendo infine 5 cc. di soluzione satura di solfato ferrico ammonico. La miscela così risultante viene titolata con soluzione N/10 di solfocianato potassico fino alla scomparsa di una colorazione rosa pallido persistente.

La percentuale di solfato di piombo nel campione si calcola con la formula seguente:

$$\% \text{ di solfocianato di piombo (a)} = \frac{A \times B \times 16{,}25}{C} \quad \text{dove:}$$

A = differenza tra la quantità di nitrato d'argento aggiunto e il nitrato d'argento equivalente al solfocianato di potassio consumato per la titolazione.

B = fattore correzione della soluzione di nitrato d'argento.

C = peso del campione allo stato secco.

(a) = Questo calcolo si basa su una purezza del solfocianato di piombo del 99,50%.

Clorato di potassio - Si calcola per differenza.

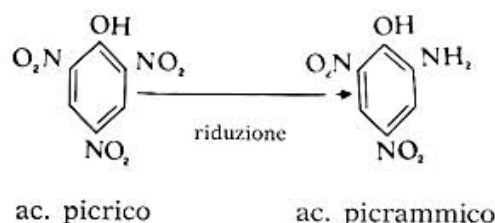
DIAZODINITROFENOLO o DDNP (p.m. 210,04)

Il diazodinitrofenolo ($C_6H_2N_4O_5$) è un esplosivo molto usato per detonatori specialmente negli Stati Uniti con la sigla DDNP (Diazo-di-nitro-phenol). Fu preparato fin dal 1860 da Griess, ma il suo uso nelle miscele venne brevettato soltanto nel 1922.

Si ottiene per diazotazione dell'acido picrammico con nitrito sodico e ac. cloridrico.

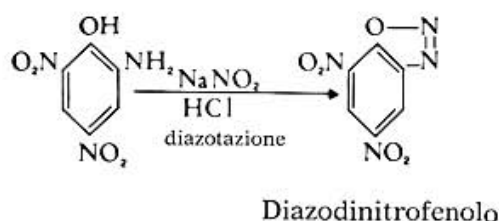
L'ac. picrammico si presenta sotto forma di aghi rossi con punto di fusione 169° evaporando una soluzione alcoolica di picrato di ammonio con solfuro di ammonio secondo la seguente reazione:

$$\text{ac. picrico (2,4,6-}(NO_2)_3C_6H_2OH) \xrightarrow{\text{riduzione}} \text{ac. picrammico (}OH,\ O_2N,\ NH_2,\ NO_2\text{)}$$

ac. picrico ac. picrammico

Dall'acido picrammico per diazotazione si ha il diazodinitrofenolo:

$$\text{ac. picrammico} \xrightarrow[\text{HCl}]{NaNO_2} \text{Diazodinitrofenolo}$$

diazotazione

Diazodinitrofenolo

I metodi di fabbricazione sono due (ing. And. Chemistry; giugno 1933):

Metodo A - Si prepara il diazodinitrofenolo diazotando una parte di picrammato sodico in 14 parti di ac. cloridrico al 5%. Si ottiene un prodotto polverulento brunastro.

Metodo B - Una parte di picrammato sodico si agita energicamente in parti 12,5 di ac. cloridrico al 5,5% alla temperatura di 15° e vi si aggiunge, sciogliendolo in acqua nella proporzione di 1 a 200 di acqua, del nitrito sodico. Il picrammato sodico deve essere puro al 100/100: il colore passa rapidamente dal bruno al giallo brillante mentre la temperatura sale a 18-20°.

Si continua ad agitare per un'ora alla temperatura di 15°, si filtra e si lava con acqua distillata satura di DDNP che porta via il colore brunastro che può mascherare il giallo brillante. Questo si può purificare versando la soluzione calda del DDNP in acetone in una buona quantità di acqua e ghiaccio. Rimane un prodotto amorfo giallo brillante, e il suo potere esplosivo non viene modificato. Questo metodo però crea delle difficoltà.

Proprietà chimico-fisiche - Si presenta in cristalli tabulari (fig. 134) di colore giallo rossastro, è quasi insolubile in acqua (0,08% a 25°), più solubile in alcool etilico (a 50°-2,43%) e metilico, solubile in acetone, piridina, anilina, nitroglicerina, nitrobenzene e ac. acetico.

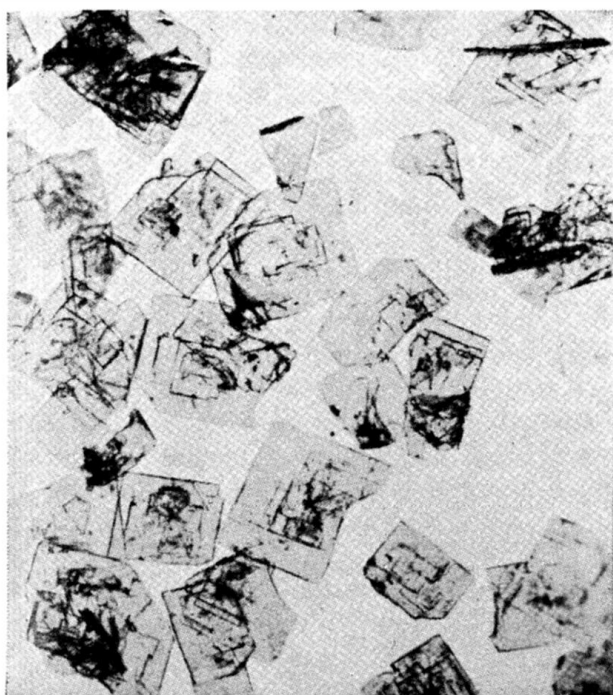



FIG. 134

Cristalli di diazodinitrofenolo.

TABELLA 67

SOLUBILITA' DEL DDNP IN GR. IN 100 GR DI SOLVENTE

Solvente	Solubilità in grammi
Acetato di etile	2,45%
Alcool metilico	1,25%
Alcool etilico	2,43%
Cloruro di etilene	0,79%
Carbonio tetracloruro	tracce
Cloroformio	0,11%
Benzolo	0,23%
Toluolo	0,15%
Etere petrolio	insolubile a 20°
Etere etilico	0,08%

Non è igroscopico e si conserva sott'acqua. *Si decompone con sviluppo di azoto trattandolo con una soluzione al 0,5% di idrato sodico.* Chiuso in un recipiente e incendiato, esplode; all'aria libera produce una gran fiammata.

Il potere innescante del DDNP è superiore a quello del fulminato e dell'azotidrato e può innescare esplosivi che non si innescano con altri esplosivi primari: per es. il picrato di ammonio e il tritolo fuso. L'acqua

diminuisce la sua sensibilità, e sott'acqua non viene innescato neppure da un detonatore normale. Può essere compresso a 12.000 atmosfere senza essere desensibilizzato. La densità apparente è tra 0,5 e 0,9.

Alla densità di 1,58 la sua velocità di detonazione è di 6900 m/s, mentre a densità 1,73 può giungere a 7100 m/s. La sua sensibilità rispetto al fulminato è quasi uguale, ma è più sensibile al calore anche dello stesso azotidrato di piombo e del fulminato. La sua stabilità, pur essendo inferiore a quella dell'azotidrato di piombo, è superiore a quella del fulminato, tanto da potersi mantenere inalterato anche per 12 mesi sott'acqua a 50°. A 170°, riscaldato poco alla volta, s'infiamma.

Può essere interessante questa tabella della potenza d'innescamento tra il DDNP, il fulminato e l'azotidrato di piombo.

TABELLA 68

Esplosivo	Minima carica d'innesco		
	Fulminato	DDNP	Azotidrato di Pb
Ac. picrico	gr. 0,225	0,115	0,12
Tritolo	» 0,240	0,163	0,16
Tetrile	» 0,165	0,075	0,03
Trinitroresorcina	» 0,225	0,110	0,075
Trinitrobenzaldeide	» 0,165	0,075	0,05
Tetranitroanilina	» 0,175	0,085	0,05
Esanitrodifenilammina	» 0,165	0,075	0,05

Da questa tabellina si può dedurre che per avere l'esplosione occorre, rispetto al DDNP, circa il doppio di fulminato, mentre per l'azotidrato la cosa è un po' diversa.

Secondo alcuni brevetti di Dehen il vantaggio maggiore che si avrebbe nell'uso del DDNP sarebbe nella sua facilità di miscelamento con prodotti ossidanti.

Questi brevetti danno le seguenti equazioni circa la decomposizione del diazodinitrofenolo solo o miscelato con nitrato d'ammonio:

1) $C_6H_2N_4O_5 \longrightarrow 4\ CO + 2C + H_2O + 2\ N_2$

2) $C_6H_2N_4O_5 + 2\ NH_4\ NO_3 \longrightarrow 6\ CO + 5\ H_2O + 4\ N_2$

3) $C_6H_2N_4O_5 + 8\ NH_4\ NO_3 \longrightarrow 6\ CO + 17\ H_2O + 6\ N_2\ O + 4\ N_2$

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Densità massima	1,63
Velocità detonazione m/s	7000
Berta da Kg. 2	cm. 7
Blocco trauzl	325 cc.
Bilancio O_2	— 38,09
Temperatura accensione	190°

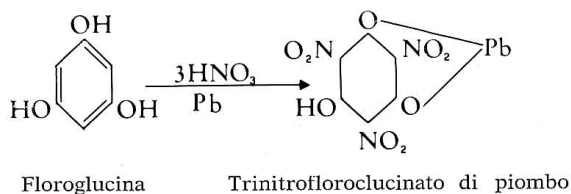
TABELLA 69
CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI PRIMARI A DENSITA' DIVERSE

Esplosivo	Densità di caricamento	Temperat. di accensione (C°) (1)	Velocità di detonazione m/s (2)	Calore di esplosione (3)	Volume specifico dei prodotti di detonazione (l/Kg.)
Fulminato Hg .	2,0	210°	3500	427	343
	3,0		4250		
	4,0		5000		
Azotidrato di Pb	2,0	345°	4070	367	308
	3,0		4630		
	4,0		5180		
Stifnato di Pb	2,6	280°	4900	457	368
	2,9		5200		
Tetrazene . .		130°		658	1190
Diazodinitrofenolo . .	0,9	170°	4400	820	865
	1,5		6600		
	1,6		6900		

([1]) Determinato per riscaldamento progressivo di 5° C al minuto primo.
([2]) Determinata con cartucce di carta del ∅ 30 mm.
([3]) Determinata alla bomba calorimetrica (H_2O sotto forma di vapore).

TRINITROFLOROGLUCINATO DI PIOMBO (p.m. 466,24)

Nel 1920 si era visto che il sale di piombo della trinitrofloroglucina, ottenuto da una soluzione di nitrato di piombo e da un sale facilmente solubile di trinitrofloroglucina, cristallizzava anidro in una forma facilmente solubile.

Floroglucina   Trinitrofloroclucinato di piombo

Il trinitrofloroglucinato di Pb ($C_6HN_3O_9Pb$) anidro forma cristalli molto belli e regolari e di elevata densità. Ma proprio per questa regolarità dei suoi cristalli, è difficilmente mescolabile con gli altri componenti le miscele. Data la sua più alta temperatura di combustione e la sua alta densità di 3,8 e il suo carattere anidro, potrebbe costituire un prodotto migliore per inneschi allo stifnato di piombo.

Però malgrado tutte queste buone qualità non sensibilizza le miscele fulminanti più di quanto non faccia lo stifnato di piombo cristallizzato con una molecola d'acqua.

Si è cercato di utilizzare questo sale di Pb della trinitrofloroglucina per composti fulminanti, ma è sempre risultato poco sensibile. Allora si ricorse all'aggiunta di tetrazene che però non diede i vantaggi sperati come invece si constatò con lo stifnato che era anche meno costoso.

Nel 1961 però la « Dinamit Nobel A G » brevettò un nuovo sistema di preparazione del trinitrofloroglucinato di piombo cristallizzato con una molecola d'acqua, precipitandolo ad una temperatura più bassa possibile ed introducendo nella soluzione da cui lo si precipita, dei germi di cristallizzazione della sostanza che si vuole ottenere, preparati separatamente.

Invece dei cristalli granulari rossi del sale anidro, la modificazione acquosa con una molecola d'acqua di cristallizzazione, forma dei piccoli aghi di color arancione che eliminano l'acqua di cristallizzazione a temperatura elevata, come accade per lo stifnato di piombo. Mentre il sale anidro cristallizza nel sistema cubico, quello idrato cristallizza nel monoclino.

La sensibilità all'urto del sale idrato è un po' più debole di quella del sale anidro, però, dice sempre il brevetto, conferisce alle miscele per cariche d'innesco una sensibilità all'urto molto maggiore di quella conferita dal sale anidro.

Sempre secondo la ditta tedesca la sensibilità all'urto ed alla frizione, dovrebbe essere superiore allo stifnato di Pb con tetrazene. Quindi potrebbe sostituire da sola la miscela stifnato-tetrazene. Inoltre la sua elettrizzazione è di 1/5 inferiore a quella dello stifnato di piombo per cui sarebbe più sicuro durante la lavorazione. Questa minore elettricità del trinitrofloroglucinato di piombo pare sia dovuta al suo tenore più elevato in metallo. Infatti la percentuale teorica di piombo per il sale idrato è del 52,95%, per l'anidro del 54,63%. Inoltre non vi è bisogno di aggiunta di tetrazene che, essendo molto leggero, male si mescola agli altri composti.

Le miscele fulminanti col trinitrofloroglucinato di piombo si preparano come quelle allo stifnato di piombo con tetrazene, tenendo anche più bassa la percentuale del trinitrofloroglucinato di piombo (dal 28 al 35%) data la sua potenza più elevata.

Tutti gli altri componenti sono gli stessi di quelli con lo stifnato di Pb e cioè nitrato di bario, biossido di piombo, ecc. come ossidanti; solfuro di antimonio, siliciuro di calcio, silicio molto fine e boro elementare come sostanze attive.

Pare che il silicio e il boro siano molto efficaci nelle miscele fulminanti che contengono un sale di piombo perchè nello stesso tempo lo sensibilizzano.

Dato che la densità del sale idrato di piombo della trinitrofloroglucina è minore del sale anidro, i due sali si possono mescolare, ma quello idrato deve essere almeno il 10% della composizione totale, poichè diversamente diminuirebbe la sensibilità all'urto.

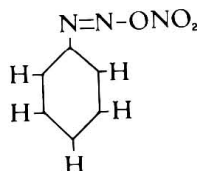
Nelle miscele di tale genere il trinitrofloroglucinato di piombo idrato assume la stessa funzione del tetrazene nelle miscele con stifnato di piombo.

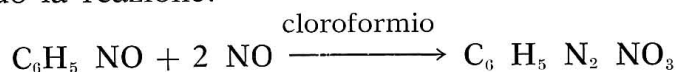
NITRATO DI DIAZOBENZENE (p.m. 167,12)

Il nitrato di diazobenzene ($C_6H_5 — N = N — ONO_2$) si ottiene secondo Berthelot e Vieille, prendendo 5 o 6 gr. di nitrato di anilina, stemperandoli in acqua in modo da formare una massa oleosa e facendo

passare nel recipiente agitando energicamente, vapori nitrosi in tubi raffreddati.

Dapprima il liquido diventa rossiccio, ma poi passa al chiaro. A questo punto si aggiunge un volume di alcool uguale a quello della soluzione e poi un eccesso di etere. Precipiterà così il nitrato di diazobenzene con un rendimento molto elevato.

N=N-ONO₂
H H
H H
H

Secondo Bamberger possiamo ottenere il nitrato di diazobenzene facendo agire il biossido d'azoto sul nitrosobenzene in soluzione di cloroformio secondo la reazione:

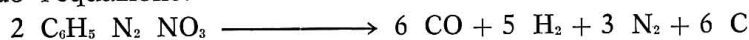
$$C_6H_5\ NO + 2\ NO \xrightarrow{\text{cloroformio}} C_6\ H_5\ N_2\ NO_3$$

Caratteristiche chimico-fisiche

Il nitrato di diazobenzene è una sostanza che cristallizzata in aghi lunghi e incolori che esplode per urto o per riscaldamento a 90° specialmente a secco, e quindi è più sensibile dello stesso fulminato. Secondo Berthelot e Vieille, allo scuro può conservarsi a lungo, mentre alla luce può alterarsi più facilmente, all'umido perde di stabilità poichè l'acqua lo decompone con sviluppo di azoto secondo la seguente equazione:

$$C_6\ H_5\ N = N\ NO_3 + HOH \longrightarrow C_6\ H_5\ OH + HNO_3 + N_2$$

La sua densità è di 1,37. Con 0,3 di densità e 7,11 peso di carica, Berthelot e Vieille hanno avuto una pressione di 4581 Kg/cmq, quindi molto superiore a quella del fulminato che è di 2700 Kg/cmq. Secondo Berthelot il calore molecolare di formazione è —47,4 cal.

Quando esplode si sviluppa il 3,2% di ac. cianidrico insieme al 48,6% di ossido di carbonio, al 18,5% di azoto ed al 27,7% di idrogeno, oltre a carbonio libero secondo l'equazione:

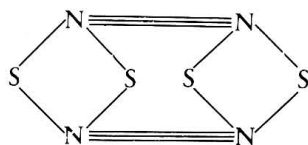
$$2\ C_6H_5\ N_2\ NO_3 \longrightarrow 6\ CO + 5\ H_2 + 3\ N_2 + 6\ C$$

Nei gas inoltre è stato trovato anche il 2,15% di metano.

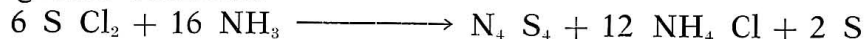
CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Densità massima	1,37
Velocità detonazione m/s . . .	—
Berta da Kg. 1	3 cm.
Temperatura di accensione . . .	90°
Calore molecolare di formazione .	—47,4
Bilancio O_2	— 120%

SOLFURO DI AZOTO (p.m. 184,29)

Il solfuro di azoto (N_4S_4) è un composto *solforato dell'Azoto* studiato fin da 1850 da Fordos, Gelio e poi da Andreocci e per le pro-

prietà esplosive ripreso da Berthelot, Vieille e da Schenck il quale presentò la sua formula nel seguente modo:

Si prepara per azione dell'ammoniaca sul bicloruro di solfo secondo la seguente reazione:

$$6\ S\ Cl_2 + 16\ NH_3 \longrightarrow N_4\ S_4 + 12\ NH_4\ Cl + 2\ S$$

E' una sostanza solida colorata in giallognolo che, allo stato secco, detona con violenza per cui fu preconizzato come ottimo sostituto del fulminato di mercurio, ma che praticamente non fu mai adoperato.

E' un po' meno sensibile all'urto del fulminato di mercurio e del diazobenzene. Ha un peso specifico di 2,22 a 15°. Deflagra a 207°. Le pressioni apparenti sviluppate dal solfuro di azoto per densità di caricamento di 0,2-0,3, secondo Berthelot e Vieille, si avvicinano molto a quelle del fulminato. Inoltre è un composto endotermico con una velocità di detonazione molto bassa. E' stabile all'aria secca e all'umidità. I risultati ottenuti dai due studiosi sopra menzionati, stabilirono che le pressioni del solfuro d'azoto sviluppate a diverse densità di carica sono le seguenti:

	Pressione in Kg. per cm^2	
Densità di carica	Solfuro d'azoto	Fulminato di mercurio
0,1	815	480
0,2	1703	1703
0,3	2441	2700

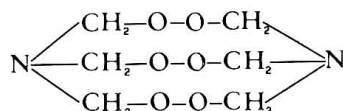
Da questa tabella si rileva che alla densità di caricamento di 0,2-0,3 la pressione sviluppata è quasi uguale a quella del fulminato di mercurio. Tali dati però, anche secondo gli studiosi sopra citati, sono molto incerti.

TRIPEROSSIDO DI ESAMETILENTETRAMINA o ESAMETILENTRIPEROSSIDIAMMINA o HMDT (p.m. 208,11)

L'HMDT ($C_6\ H_{12}\ O_6\ N_2$) si ottiene sciogliendo la esametilentetrammina in acqua ossigenata raffreddata.

$$(CH)_6N_4 + 3\ H_2O_2 = C_6\ H_{12}\ O_6\ N_2 + 2\ NH_3$$

quindi la sua formula si può così rappresentare:

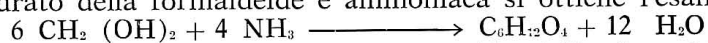
$$N \begin{cases} CH_2{-}O{-}O{-}CH_2 \\ CH_2{-}O{-}O{-}CH_2 \\ CH_2{-}O{-}O{-}CH_2 \end{cases} N$$

Tale composto cede con facilità i 6 atomi di ossigeno con reazione fortemente esplosiva.

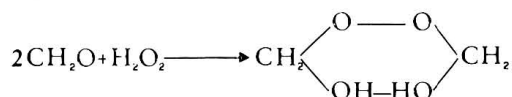
Il Girsewald rese industriale il processo di lavorazione sciogliendo la esametilentetrammina in acqua ossigenata fredda nelle proporzioni di 1 di esametilentretrammina e 3 di acqua ossigenata, aggiungendo poi 2 parti di ac. citrico solido e agitando fino a raggiungere la temperatura ambiente dopo circa 2 ore, lasciando quindi riposare per 3 o 4 ore, fino a che i cristalli bianchi vengono filtrati alla pompa, lavati con acqua e quindi essiccati. Se si fa agire l'acqua ossigenata sola sulla base, senza la presenza di ac. organico, si ottiene un prodotto di addizione al 15% di ossigeno attivo che non ha proprietà esplosive.

Legler, Von Baeyer e Villiger ammettono che il triperossido della esametilendiammina si formi dall'idrato del perossido della formaldeide, secondo la reazione:

$$3CH_2\begin{matrix}/O-O\backslash \\ \backslash OH-HO/\end{matrix}CH_2+3NH_3 \longrightarrow C_6H_{12}O_6N_2+6H_2O+NH_3$$

Dall'idrato della formaldeide e ammoniaca si ottiene l'esametilentetrammina:

$$6\ CH_2\ (OH)_2 + 4\ NH_3 \longrightarrow C_6H_{12}O_4 + 12\ H_2O$$

Invece secondo Nef, l'idrato del perossido della formaldeide si forma in questo modo:

$$2CH_2O+H_2O_2 \longrightarrow CH_2\begin{matrix}/O-O\backslash \\ \backslash OH-HO/\end{matrix}CH_2$$

Altro sistema di fabbricazione - Gr. 50 di solfato ammonico si sciolgono a freddo in parecchia acqua ossigenata al 3%; quando si è raggiunta la temperatura di 55° si aggiungono 5 gr. di formaldeide al 40%. (Taylor e Rinkenbac. Army Ordinance 1924).

Precipita in cristalli o in polvere bianca che sono poi filtrati alla pompa, lavati con acqua e asciugati come il fulminato. Esplode violentemente per urto come il fulminato. E' quasi insolubile in tutti i solventi; cristallizza secondo Baeyer e Villiger dall'acido acetico, cloroformio, benzene, etere acetico caldo in lamelle rombiche. Facendolo bollire con ac. solforico diluito, passa in soluzione formando formaldeide, acqua ossigenata e ammoniaca.

L'accumularsi della molecola organica di elementi come l'ossigeno e l'azoto permette di raggiungere un sistema instabile molto sensibile.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Densità massima	1,57
Velocità di detonazione	4500 m/s
Berta da Kg. 2	3 cm.
Temperatura accensione	200°
Blocco trauzl	330 cc.
Bilancio O_2	— 92,2%

PEROSSIDO DI TRICICLOACETONE (p.m. 222,14)

Il perossido di tricicloacetone ($C_9 H_{18} O_6$) si ottiene facendo reagire dell'acqua ossigenata concentrata sull'acetone in ambiente acido:

$$3\ CH_3 - CO - CH_3 + 3\ H_2O_2 \xrightarrow{H_2SO_4} C_9H_{18}O_6 + 3\ H_2O$$

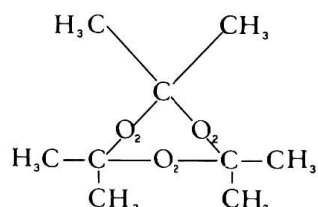
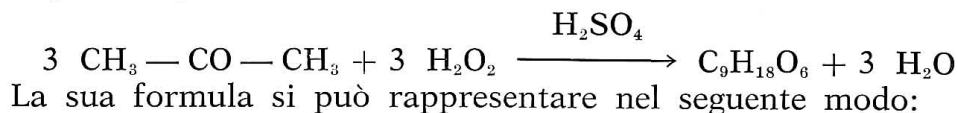
La sua formula si può rappresentare nel seguente modo:

H_3C CH_3

C

O_2 O_2

$H_3C - C - O_2 - C - CH_3$

CH_3 CH_3

Preparazione - Si prepara mescolando e raffreddando con precauzione 16 gr. di acetone con 5 cc. di ac. solforico conc. La temperatura non dovrà mai superare i 25°. Finita l'aggiunta dell'acido solforico conc. si aggiungono 32 gr. di acqua ossigenata al 45% lasciando poi in riposo.

Il prodotto che precipita si laverà ripetutamente con acqua ghiacciata. Si formeranno cristalli bianchi con punto di fusione 91°. Quindi si essica in essiccatoio a cloruro di calcio.

Detona con scarso chiarore. E' molto sensibile agli urti ed è molto volatile, per cui il suo uso nelle miscele di innesco, come affermano H. Ficheroulle e Korache nel Mem. poudre del 1949, non può essere preso in considerazione.

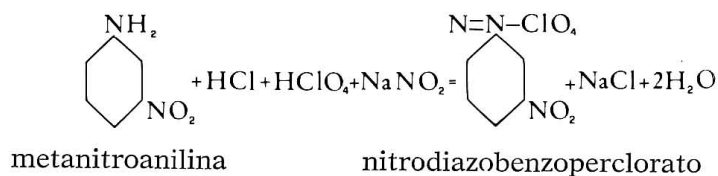
CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Densità massima	—
Sensibilità berta da Kg. 1, cm.	3
Temperatura di accensione	—
Blocco trauzl, cc.	250
Velocità detonazione, m/s.	3065
Bilancio O_2	— 151

NITRODIAZOBENZOPERCLORATO (p.m. 249,499)

Si può preparare partendo dalla metanitroanilina che si diaza a nitrodiazobenzoperclorato con $HClO_4$ e $NaNO_2$.

NH_2 (anello) NO_2 $+ HCl + HClO_4 + NaNO_2 =$ $N{=}N{-}ClO_4$ (anello) NO_2 $+ NaCl + 2H_2O$

metanitroanilina nitrodiazobenzoperclorato

E' un esplosivo più sensibile del fulminato di mercurio con un punto di accensione di 150°. Altri dati non se ne sono potuti reperire.

SOLFURO DI FENILDIAZONIO (p.m. 272,17)

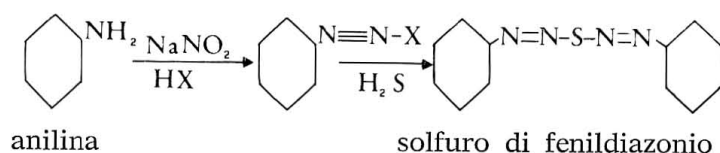
La « Chimica e l'Industria » del febbraio 1953 citava, tra gli esplosivi primari, il solfuro del fenildiazonio che, a quando dice il dr. Tomlinson è estremamente instabile tanto da esplodere spontaneamente durante l'essiccamento.

Presso il « Picatinny Arsenal » si sono preparati dei campioni di *fenildiazonio* e del suo *p-nitrofenilderivato* allo scopo di determinare le loro proprietà esplosive.

I due composti sono stati ottenuti diazotando l'anilina o la nitroanilina, neutralizzando e facendo in seguito passare idrogeno solforato attraverso la soluzione del diazocloruro, o aggiungendo alla soluzione solfuro di sodio.

Durante la preparazione che si compie a 0° si hanno le seguenti reazioni:

$$C_6H_5-NH_2 \xrightarrow[HX]{NaNO_2} C_6H_5-N{\equiv}N-X \xrightarrow{H_2S} C_6H_5-N{=}N-S-N{=}N-C_6H_5$$

anilina — solfuro di fenildiazonio

I solfuri di fenildiazonio si possono preparare in mezzo acquoso o non acquoso, ma data la loro estrema sensibilità devono essere trattati in soluzione o in forma di fanghiglia con un forte eccesso di solvente. Ambedue i solfuri presentano la instabilità e la sensibilità caratteristiche dei sali di diazonio.

Il composto fenilico è una sostanza solida rossa, molto sensibile e instabile. Se essiccata all'aria esplode con violenza e quindi il suo impiego, almeno per il momento, è da escludere.

Il nitroderivato invece, pur essendo più stabile, è ugualmente molto pericoloso. Si presenta sotto forma di una polverina gialla cristallina che, umida, esplode difficilmente, ma che si può essiccare senza difficoltà.

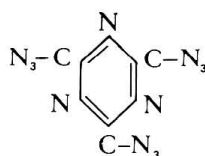
Una volta però essiccato, il solfuro di p-nitrofenildiazonio è sensibilissimo e può esplodere per semplice sfregamento con un corpo tenero su una superficie liscia.

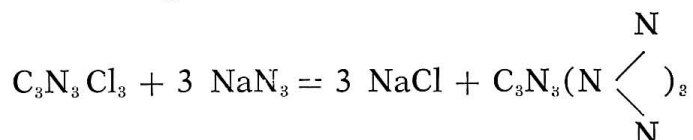
Nelle prove di temperatura, tale composto è esploso dopo 5" a 82°, mentre a 75° ha impiegato 3'. Quindi la temperatura in 5" è molto inferiore a parità di tempo a quella dell'azotidrato di piombo, del tetrile, del fulminato di mercurio che sono rispettivamente di 327°, 220°, 184° e secondo altri 335°, 260°, 208°.

Anche alle prove alla berta tale esplosivo è risultato molto più sensibile degli altri esplosivi primari attualmente in uso e sopra citati, per cui l'adoperarlo è molto problematico. Un peso da gr. 500 cadendo da 5 cm. lo fa esplodere.

CIANURAZIDE (p.m. 204,09)

In Germania, durante la guerra 1915-1918 furono studiati molti composti da usarsi come detonatori sia primari che secondari. Uno dei più importanti è stata la cianurazide:

$$N_3-C \begin{smallmatrix} N \\ \diagup \diagdown \\ N \quad N \\ \diagdown \diagup \end{smallmatrix} C-N_3$$
$$C-N_3$$

che fu ottenuta da una soluzione acquosa di azotidrato di sodio e di cloruro di cianurile in polvere:

$$C_3N_3Cl_3 + 3\ NaN_3 = 3\ NaCl + C_3N_3(N \begin{smallmatrix} N \\ \diagup \\ \diagdown \\ N \end{smallmatrix})_3$$

Ha un potere innescante che è circa quattro volte quello del fulminato e un punto di fusione di 94°.

Al saggio alla sabbia, rispetto al fulminato di mercurio, ha dato i seguenti risultati:

	0,2 gr.	0,4 gr.	1 gr.
Fulminato	3,8	12,4	38,8
Cianurazide	12,2	33,2	78,6

Il suo calore di formazione è di — 222° Kcal.

E' insolubile in acqua fredda, solubile a caldo in alcool etilico, acetone, benzene, etere e si può purificare per cristallizzazione.

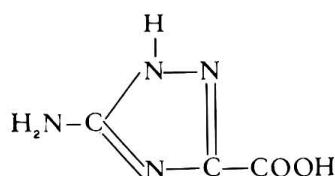
La sua preparazione però ha un grave difetto, ed è quello di essere pericolosa per i gas che si sviluppano nella produzione specialmente del cloruro di cianogeno e nella successiva polimerizzazione. I cristalli piuttosto grandi sono molto sensibili e pericolosi poichè, per semplice attrito, detonano, per cui potrebbe essere adoperata mescolata ad esplosivi che ne attenuino la sensibilità.

Il rendimento è molto alto, ma purtroppo ha il difetto di essere igroscopica, troppo sensibile e volatile per cui non ha trovato pratica applicazione. Con una densità di 1,15 ha una velocità di detonazione di 5540 m/s.

ACIDO DIAZO-TRIAZOLCARBONICO (p.m. 128,032)

Secondo un brevetto tedesco del 1937, il tetrazene potrebbe essere sostituito anche dall'acido diazo-triazolcarbonico che può essere ottenuto diazotando l'acido amidotriazolcarbonico.

Il prodotto di partenza sarebbe l'acido amido triazolcarbonico:

$$H_2N-C \begin{smallmatrix} \overset{H}{|} \\ \diagup N-N \\ \| \\ \diagdown N-C-COOH \end{smallmatrix}$$

che trattato con acido nitroso, dà presso a poco quantitativamente l'acido diazotriazolcarbonico che, a detta del brevetto, può sostituire, onde non rovinare le

armi per corrosione od ossidazione, il fulminato di mercurio od esplosivi analoghi. Per tali composizioni fulminanti, sempre secondo il brevetto, si possono adottare le seguenti formule:

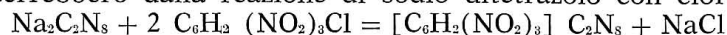
Stifnato di piombo . . .	30 a 60%	30%
Ac. diazo-triazolcarbonico .	1 a 10%	5%
Solfuro di antimonio . . .	0 a 10%	10%
Biossido di piombo . . .	0 a 4%	5%
Nitrato di bario	20 a 50%	45%
Siliciuro di calcio	0 a 10%	5%

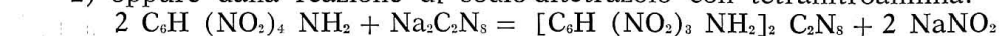
Tale ac. diazotriazolcarbonico inoltre aumenta molto la sensibilità delle miscele alla percussione se aggiunto in piccole quantità ai veri e propri esplosivi innescanti come stifnato di Pb e di Ba.

COMPOSTI DITETRAZOLICI

Altri esplosivi che potrebbero sostituire il tetrazene, sono stati brevettati in Germania nel 1953 da W. Friederich e cioè i tetrazoli, in quanto si è visto che i composti tetrazolici di composti organici ad elevato grado di nitrazione che risultano per es. dai sali alcalini di ditetrazolo e nitro composti aventi dei gruppi che possono facilmente scambiarsi, sono esplosivi d'innescamento anche molto sensibili.

1) Si otterrebbero dalla reazione di sodio ditetrazolo con cloruro di picrile:

$$Na_2C_2N_8 + 2\ C_6H_2\ (NO_2)_3Cl = [C_6H_2(NO_2)_3]\ C_2N_8 + NaCl$$

2) oppure dalla reazione di sodio-ditetrazolo con tetranitroanilina:

$$2\ C_6H\ (NO_2)_4\ NH_2 + Na_2C_2N_8 = [C_6H\ (NO_2)_3\ NH_2]_2\ C_2N_8 + 2\ NaNO_2$$

Aggiunge il brevetto che tutti gli esplosivi innescanti sono piuttosto insensibili all'attrito, ma molto sensibili all'urto. Questi ditetrazoli miscelati in piccole quantità ai principali esplosivi innescanti, aumentano la loro sensibilità come il tetrazene.

Hanno un elevato contenuto di energia per cui corrispondono allo scopo meglio del tetrazene. Inoltre il loro punto di detonazione è superiore al tetrazene e così pure la loro stabilità al magazzinaggio.

Se i sali ditetrazolici si fanno reagire con altre sostanze organiche che contengono gruppi facilmente scambiabili, come per es. solfato metilico o bromuro etilenico, si ottengono corpi aventi caratteri esplosivi più deboli.

MISCELE INNESCANTI INOSSIDABILI A BASE DI STIFNATO DI PIOMBO E TETRAZENE

In questi ultimi anni hanno acquistato moltissima importanza, specialmente negli Stati Uniti e in Germania alcune miscele dette « *Sinoxid* » a causa del loro potere anticorrosivo. Attualmente sono molto diffuse anche in Italia sia per capsule belliche che per caccia. Alcuni hanno tentato di aggiungere anche dei perossidi organici (tab. 70), ma con scarso successo e qualche volta con molto pericolo.

La composizione di tali miscele, da una tabellina pubblicata sul « Memorial des poudres » del 1949, a quanto pare è molto elastica:

Tetrazene	da 1,2	a 5%
Stifnato di piombo	» 25	a 55%
Nitrato di bario	» 25	a 45%
Biossido di piombo	» 5	a 10%
Solfuro di antimonio	» 0	a 10%
Siliciuro di calcio	» 3	a 15%
Polvere di vetro	» 0	a 5%

Ecco altre formule:

	U.S.A. %	Canadà %	Germania %
Stifnato di Piombo	38	37	40
Tetrazene	2	3	3
Nitrato di bario	39	38	42
Perossido di piombo	5	9	5
Solfuro di antimonio	5	—	—
Siliciuro di calcio	11	13	10

Per curiosità ho analizzato diverse capsule tipo « Sinoxid » italiane e straniere per caccia, dalle quali ho dedotto che le formule oscillano sulle seguenti percentuali:

	%	%	%
Stifnato di piombo	da 35 a 40	40	40
Tetrazene	» 1 a 3	3	3
Nitrato di bario	» 35 a 40	35	44
Solfuro di antimonio	» 10 a 15	5	—
Siliciuro di calcio	» 3 a 5	5	6
Perossido di piombo	» 3 a 4	10	7
Carborundum	» — —	2	—

Miscele denominate di Holzanier (1942):

	%		%
Tetrazene	2	Stifnato di piombo . .	35
Stifnato di piombo . .	40	Trinitrofloroglucinato .	10,5
Solfocianato di piombo .	7,4	Nitrato di bario o piombo	25
Nitrato di bario . . .	30	Solfuro di antimonio . .	8,5
Polvere di vetro . . .	20	Polvere di vetro . . .	20
Cromito	0,6	Agglutinante	1

Ecco alcune formule di miscele per capsule inossidabili che potrebbero essere interessanti a seconda dello scopo al quale devono servire. In tutti questi tipi di capsule ha un'importanza predominante la setacciatura dei componenti e della stessa miscela.

	%	%	%	%	%	%	%	%
Nitrato di bario	48	38	41	41	42	37	45	34
Stifnato di Pb	31	36	37	33	36	40	32	42
Tetrazene	2	2	2	3	2	3	3	2
Solfuro di Sb	14	7	13	14	9	13	13	12
Siliciuro di Ca.	5	14	4	4	—	7	7	5
Perossido di Pb	—	3	3	5	5	—	—	5
Carborundum	—	—	—	—	6	—	—	—

TABELLA 70

STABILITA' TERMICA DI ALCUNI PEROSSIDI ORGANICI PURI

Perossido	Punto di fusione o stato fisico a temperatura ordinaria	Punto di decom-posizione esoter-mica (°C)	Osservazioni
Idroperossido di cumene .	Liquido	170	Stabile
Idroperossido di pinene .	Liquido	140	Stabile
Perossido di dimetile . .	Liquido volatile		Molto sensibile ed esplosivo
Acido peracetico . . .	Liquido fonde a 0,1° C	110	Esplosivo
Acido percaproico . . .	15° C		Stabile
Perossido d'acetile . . .	26° C	$\leq$ 30	Molto esplosivo
Perossido di benzoile . .	100° C (con decomposizione)	$\geq$ 100	Stabile; molto sen-sibile alla pressio-ne meccanica
Diperossido d'acetone . .	132° C		Esplosivo
Perdietilacetato di terbio-butile	Liquido	50	Poco esplosivo
1,4 bis (α terbiobutilperos-si-isopropile	Solido	90	Non esplosivo

Il peso di esplosivo per ogni capsula è di circa 0,05.

Le capsule inossidabili sono di ottone e generalmente o nichelate o stagnate o cadmiate; ora però, si caricano anche di ottone con la solita verniciatura di gomma lacca e sono innescate sia sulle cartucce più fini che su quelle normali. Il sistema di caricamento è quello già descritto.

Però tra le capsule da caccia al fulminato e le capsule allo stifnato, da quanto molti hanno potuto constatare, a parte il fatto che

effettivamente le capsule Sinoxid rovinano meno le armi, c'è una differenza, ed è questa: mentre le capsule al fulminato incendiano bene qualsiasi tipo di polvere da caccia, quelle allo stifnato, per alcuni tipi di polveri, lasciano un po' a desiderare. Dato poi che in Italia i tipi di polveri da caccia sono moltissimi, mentre in Francia e in altre nazioni sono molto pochi, sarebbe necessario che il cacciatore, prima di adoperare tali capsule, si assicurasse che queste si addicano alle polveri da lui adoperate, onde non avere spiacevoli sorprese.

CARICAMENTO AD UMIDO DELLE CAPSULE DA GUERRA E DA CACCIA ED ALTRE FORMULE PER CAPSULE

Il caricamento ad umido delle capsule sia al fulminato che al solfocianuro e allo stifnato, viene eseguito nel seguente modo:

Dopo aver passato ad un finissimo setaccio (circa 3000 maglie al cmq) tutti i componenti ed averli mescolati tra loro in appositi locali e con attrezzi adatti (come per es. le scatole di gomma conduttrice citate nei capitoli precedenti degli esplosivi primari), si umettono con la soluzione gommosa impastandoli molto bene tra loro, fino ad avere una specie di pasta molle che si spalmerà su di una piastra volumetrica (cioè forata, unita a cerniera con una punzoniera che poi viene chiusa). I punzoni spingono l'esplosivo rimasto nei fori della piastra volumetrica dentro alle capsule a loro volta disposte precedentemente su apposite palmelle e mano a mano applicate sotto la piastra. Dopo una leggera compressione da parte dei punzoni, le palmelle verranno portate direttamente negli appositi essiccatoi dove si asciugheranno ad una temperatura di 40-45°.

Le capsule al fosforo per giocattoli attualmente molto in uso per il loro basso costo e la cui formula è presso a poco la seguente:

Clorato di potassio . . .	da 70 a 80%
Fosforo rosso	da 27 a 15%
Nitrato di potassio . . .	da 3 a 5%

possono venire caricate invece nel seguente modo:

Si mescolano bene i componenti e si umettono abbondantemente con una soluzione gommosa (Aerogel) e una speciale vernice in modo che la pasta rimanga fluida. Una apposita macchina, munita di una specie di pettine che si immerge ad intervalli regolari nella pasta che si appiccica a goccia (circa gr. 0,015-0,020) mentre sotto scorrono le palmelle con le capsule stampate nella plastica, lascia cadere la goccia di miscela in ogni capsula. Dopo tranciatura le capsule vengono essiccate in apposito essiccatoio a 40-50°C.

Ritengo opportuno ricordare che il fosforo rosso s'incendia con moltissima facilità anche stando un po' di tempo all'aria, causa la sua trasformazione in fosforo bianco. Quindi, nella lavorazione, occorre la massima attenzione e se si versa un po' di miscela è bene raccoglierla subito e distruggerla.

Altra miscela innescante secondo Fuerher è la seguente:

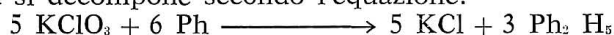
Nitrato di rame ammoniacale . .	30-40%
Nitrato di potassio	42-25%
Solfo	10- 7%
Alluminio	18-28%

La lavorazione di tutte queste miscele, specialmente prima di umettarle,

è **molto pericolosa e quindi va eseguita con tutte le cautele.** Una formula citata dal Giua di capsule al fosforo è la seguente:

Clorato di potassio 76,7%
Fosforo rosso 23,3%

Tale formula si decompone secondo l'equazione:

$$5\ KClO_3 + 6\ Ph \longrightarrow 5\ KCl + 3\ Ph_2\ H_5$$

ed è poco stabile, in quanto, come già detto, il fosforo a contatto dell'ossigeno dell'aria, si ossida e quindi può provocare, oltre al funzionamento difettoso, anche incendio. Ecco il motivo della speciale vernice protettiva sulla miscela.

In seguito sono elencate formule e sistemi di fabbricazione secondo brevetti anche recenti.

STUDI SU ALTRE MISCELE INNESCANTI

Alle formule già citate ritengo opportuno aggiungere queste altre:

OSSIDANTI

	%	%	%	%	%	%
Fulminato di Hg . . .	50	20	35	20	35	28
Nitrato di K	25	40	—	—	—	—
Solfuro di Sb	25	40	30	40	25	20
Clorato K	—	—	35	35	40	15
Polvere nera	—	—	—	2,5	—	—
Solfo	—	—	—	2,5	—	—
Polvere vetro	—	—	—	—	—	35
Gomma lacca	—	—	—	—	—	2

INOSSIDABILI

	%	%	%
Azotidrato di Pb . .	5	25	—
Stifnato Pb	—	—	35
Tiocianato Pb	25	—	—
Clorato di K	55	35	—
Solfuro Sb	15	35	5
Carburo Si	—	5	—
Nitrato Ba	—	—	40
Siliciuro di Ca	—	—	20

Come è facile vedere, anche tutte queste miscele sono formate da un **esplosivo iniziale o primario** (fulminato, azotidrato, stifnato, tiocianato) e da un **comburente** (clorato di K per le miscele al fulminato e all'azotidrato, nitrato di Ba per le miscele allo stifnato). Inoltre viene aggiunto un terzo elemento detto **combustibile** (solfuro di Sb, Carburo di Si, Siliciuro di Ca, ecc.).

MISCELE DI INNESCO NON CORROSIVE CONTENENTI FOSFORO ROSSO

A semplice titolo informativo citerò alcuni brevetti e formule uscite tra il 1950 e il 1960 studiate per capsule da caccia e da guerra ossidanti e non ossidanti da caricarsi sia a secco che ad umido e con componenti del tutto particolari.

La società americana « Olin Marthienson Chemical Corporation » ha ottenuto un brevetto nel campo delle capsule non corrosive per armi da fuoco al nome di William B. Woobing e Hiramie T. Mc. Adams.

La « Olin » scoprì che si poteva ottenere un composto di innesco non corrosivo avente una sensibilità, una stabilità e una sicurezza di manipolazione uguale o migliore dei composti di innesco a base di clorato di potassio che è corrosivo, adoperando contemporaneamente fosforo rosso e un esplosivo secondario come la Pentrite, il T_4, il Tritolo. Come comburente si potevano usare degli ingredienti ossidanti non corrosivi come nitrato di Ba, nitrato di K e di Pb, biossido di Pb e nitrato di Pb basico.

Le miscele di innesco potevano essere anche combinate con un esplosivo primario tipo stifnato di Pb come ingrediente. Ma per garantire un intimo contatto fra fosforo rosso e l'esplosivo secondario Pe, TNT, T_4, conveniva rivestire il fosforo con l'esplosivo stesso sciogliendolo in un solvente adatto come l'acetone, mescolando il fosforo rosso con la soluzione, precipitando l'esplosivo secondario con acqua, ed essiccando infine il residuo solido.

Le percentuali dei diversi ingredienti potevano variare secondo i seguenti dati:

Esplosivo primario . .	dal 10 al 30%
Esplosivo secondario .	dal 5 al 10%
Fosforo rosso . . .	dal 15 al 25%
Ossidanti	dal 50 al 70%

Ad ogni modo vennero consigliate due formule; una senza esplosivo innescante primario:

Fosforo rosso	25%
Pentrite	5%
Nitrato di bario	70%

e l'altra con esplosivo innescante primario:

Stifnato di Pb	25%
Fosforo rosso	17%
Pentrite	5%
Nitrato di Ba	53%

Tutte le prove sia di sicurezza che di sparo su tali capsule, dice il brevetto, sono risultate ottime.

MISCELE DI INNESCO CONTENENTI CLORATO O PERCLORATO DI TALLIO

La « Manifacture général des munitions », nel 1958-59, ha ottenuto una miscela innescante nella quale il comburente associato all'esplosivo primario, è formato in totalità o in parte dal clorato e perclorato di tallio che possono essere miscelati ad un esplosivo primario in maniera analoga alle usuali composizioni.

L'esperienza ha dimostrato le loro ottime qualità esplosive, e a seconda delle percentuali del clorato e perclorato di tallio, variano la sensibilità e la lunghezza della fiamma. Inoltre possono essere miscelate al picrato di Pb e al perossido di acetone.

Una miscela che può essere usata anche in capsule di alluminio meno costose di quelle di ottone, è la seguente:

Picrato di Pb e perossido di acetone	dal 25 al 50%
Clorato di tallio	dal 20 al 40%
Solfuro di antimonio	dal 20 al 40%

Come miscela poco sensibile ma più calda della precedente è consigliata questa:

Picrato di Pb e perossido d'acetone	50%
Clorato di tallio	25%
Solfuro di antimonio	25%

Come miscela più sensibile:

Picrato di Pb o perossido d'acetone . . .	30%
Clorato di tallio	35%
Solfuro di antimonio	35%

Un'altra miscela, sempre a detta del brevetto, molto vivace a base di fulminato di mercurio è la seguente:

Fulminato di mercurio	dal 30 al 50%
Clorato di Tallio	dal 70 al 50%

MISCELE INNESCANTI NON CORROSIVE CONTENENTI NITRATO DI TALLIO O NITRATO DI CESIO OD ENTRAMBI

Nel giugno 1959 la « Manifacture générale des munitions » ha brevettato un nuovo tipo di miscela anticorrosiva che, al posto del clorato o nitrato di potassio, ha i nitrati di Tallio o di Cesio od entrambi o di altri metalli rari non igroscopici, e naturalmente stifnato o azotidrato di Pb come esplosivi primari.

Ecco due formule indicate nel brevetto e che possono essere modificate a seconda delle necessità:

Stifnato di Pb	33%
Nitrato di Tallio	40%
Nitrato di Cesio	10%
Solfuro di Sb	17%

oppure:

Azotidrato di Pb	35%
Nitrato di Tallio	35%
Nitrato di Cesio	20%
Solfuro di Sb	10%

MISCELE DI INNESCO NON CORROSIVE CONTENENTI STIFNATO DI PIOMBO E TETRAZENE IN PRESENZA DI « AEROGEL » AGGIUNTO PER IL CARICAMENTO AD UMIDO

Anche queste miscele sono state brevettate nel 1957 dalla « Olin Martienson Chemical Corporation » onde diminuire il pericolo nel caricamento di esplosivi primari o di altri ingredienti delle loro composizioni fulminanti maneggiandoli in stato di umidità, la quale umidità, ottenuta soltanto con acqua, a parte altri inconvenienti di carattere tecnico, non diminuiva gli scoppi.

Il merito della « Olin » è quello di aver trovato che all'acqua bisognava aggiungere una piccola perentuale (dal 0,1 al 5% di « **Aerogel** » che può essere di Si, di ossido di cromo, di idrossido di nichel, Al, Mg, Titanio, ecc.

Tale « Aerogel » prima di essere incorporato nella miscela, va ridotto in polvere finissima e con la sua aggiunta si può aumentare la quantità d'acqua ed evitare la separazione dei componenti.

La miscela, a seconda della sensibilità che si vuole ottenere, può così variare:

Sale composto di Stifnato di Pb, stifnato basico Pb e ipofosfito di Pb . . .	dal 46	al 52%
Tetrazene	dal 0,5	al 6%
Diazodinitrofenolo o DDNP	dal 5	al 12%
Nitrato di Pb	dal 15	al 25%
Polvere di vetro	dal 15	al 25%
Gomma arabica	dal 0,5	al 2%
Aerogel	dal 0,1	al 3%

Il tetrazene e il sale composto vanno miscelati per primi umidi, quindi va aggiunto di DDNP. Il resto degli ingredienti vanno passati a secco ad un setaccio tipo U.S. 28 Mesch (vedi Tab. n. 51) e quindi aggiunto all'esplosivo umido. Tale miscela si fa in un apposito apparecchio.

Sempre secondo il brevetto, una miscela adatta per inneschi sarebbe questa:

Sale composto	48,5%
Tetrazene	5 %
DDNP	7 %
Nitrato Pb	19 %
Polvere vetro	19 %
Gomma arabica	1 %
Aerogel	0,5%

Tale « **Aerogel** » non permette, anche in presenza di molta acqua, che i componenti si separino. Esso contiene circa:

SiO_2	dall'89,5% al 91,5%
Solfato di Na	dal 22,5% al 23,5%
Ossido di Al e Fe	dal 0 % al 1 %
Materiale volatilizzabile	dal 4 % al 6 %

Il caricamento di tali capsule ad umido è già stato descritto precedentemente. E' da notare che l'Aerogel impedisce che le composizioni fulminanti aderiscano alle spine di schiacciamento.

Altra formula di innescamento della « Olin » è la seguente:

Stifnato di Pb	40 %
Tetrazene	5 %
Pentrite	4 %
Solfuro di Sb	16 %
Nitrato di Ba	30 %
Alluminio in polvere	4,5%
Aerogel	0,5%

MISCELE INNNESCANTI OSSIDANTI CONTENENTI SOLFOCIANATO DI PIOMBO

Sono state studiate soprattutto in Francia per innescare proiettili da guerra. Presentano il vantaggio di essere molto sensibili allo sfregamento e poco all'urto.

Ecco alcune formule di uso pratico:

Componenti	%	%	%	%	%
Clorato di K.	50	50,8	54,8	53	53
Solfocianato Pb	10	—	—	25	25
Ferrocianuro Pb	40	—	15,4	—	—
Solfocianato Hg	—	49,2	28,5	—	—
Carbone	—	—	1,3	—	—
Solfuro Sb	—	—	—	17	17
Siliciuro Ca	—	—	—	5	—
TNT o Pentrite	—	—	—	—	5

L'ultima è la più usata. Anche per il caricamento di tale miscela si opera come descritto precedentemente.

TABELLA 71

CARATTERISTICHE TERMODINAMICHE DEI PRINCIPALI ESPLOSIVI PRIMARI (Da Les substances explosives et leurs nuissances)

Esplosivo	Formula chimica bruta	Peso molecolare	Peso specifico a 20° (g/cm³)	Temperatura di fusione	Calore specifico a 20° (Kcal/Kg)	Calore di combustione a volume costante (1) (Kcal/Kg.)	Calore formazione (2) A volume costante		A pressione costante		Bilancio d'ossigeno (atomo g/Kg)
							(Kcal/Kg)	(Kcal/mol)	Kcal/Kg	Kcal/mol	
Fulminato Hg	$C_2N_2O_2Hg$	284,6	4,43	(3)	1,1	938	—229	— 65,3	—225	— 64,1	— 7,02
Azoturo P_b	N_6P_b	291,2	4,71	(3)	0,110	630	—359	—104,7	—354	—103	— 3,43
Stifnato P_b	$C_6HN_3O_8P_b$	468,2	3,02	206 (con esplo sione	0,163	1111	427	199,8	436	204,1	— 9,61
Tetrazene	$C_2H_8N_{10}O$	188	1,7	(3)	—	—	—	—	—	—	—37,23
Diazodinitro fenolo	$C_6H_2N_4O_5$	210	1,63	157	—	2640	365	76,6	380	79,8	—38,09

1) Calore di combustione completo in CO_2 e H_2O liquida.
2) Calore di formazione a partire dagli elementi semplici allo stato standard (298° K, 260 mm. di Hg).
3) Il prodotto si decompone prima di fondere.

CAPITOLO SECONDO

COLLAUDO DELLE CAPSULE DA CACCIA

Le caratteristiche fondamentali di un buon innesco sono le seguenti: *sensibilità* ma non esagerata, *potenza, fiammata, regolarità* e *sicurezza.*

La capsula non deve avere scatti a vuoto, deve accendere regolarmente la polvere, non deve essere sensibile agli urti accidentali, dare risultati uniformi di sensibilità alla percussione e una lunghezza di fiamma costante.

La sensibilità di un innesco, come per gli esplosivi da mina, si misura alla « berta » che in questo caso è molto più piccola ed elettromagnetica, *la potenza* al pendolo balistico e *la fiammata* si fotografa mediante un apparecchio collegato al mortaio di sparo.

PROVA ALLA « BERTA » ELETTROMAGNETICA

E' un apparecchio (fig. 135) consistente in una specie di mortaio dal quale partono una o due colonnine lungo le quali scorre un elettromagnete che trattiene un peso detto « peso di caduta » che si può spostare e fermare all'altezza voluta finchè non si interrompe il circuito elettrico mediante un interruttore.

Il peso è a caduta libera, di forma a pera, di acciaio e del peso di gr. 200. Quando il grave cade per l'interruzione del circuito, va a colpire un percussore a punta tonda, del diametro di 3 mm. simile a quello di un fucile, che batte sull'innesco posto in un'apposita boccoletta di bronzo. Per il collaudo delle capsule da guerra occorre attenersi ai capitolati militari in quanto il tipo di percussore è importantissimo.

In Italia si procede al collaudo delle capsule da caccia, facendo cadere un peso di 200 gr. da un'altezza di 6 cm. Su 100 capsule non si deve verificare alcuna esplosione, mentre invece tutte devono sparare facendo cadere il peso da 21 cm. Questo è, in linea di massima, il collaudo.

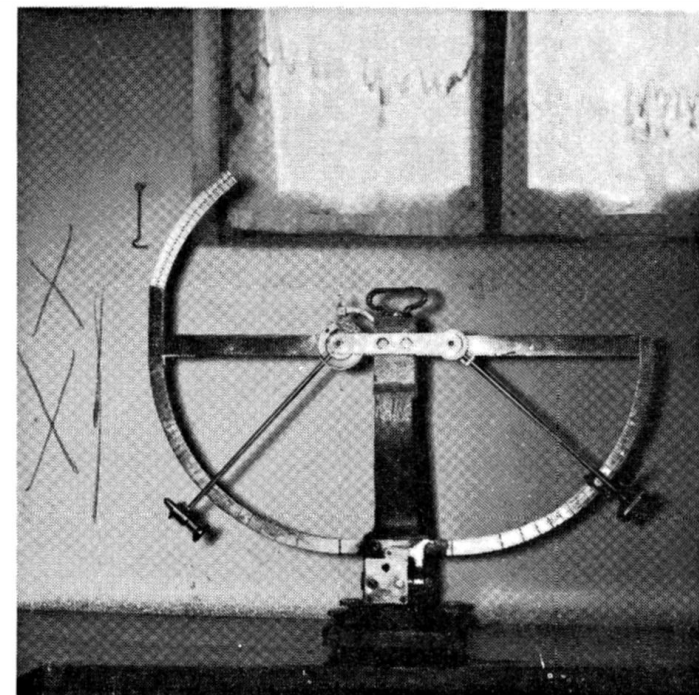
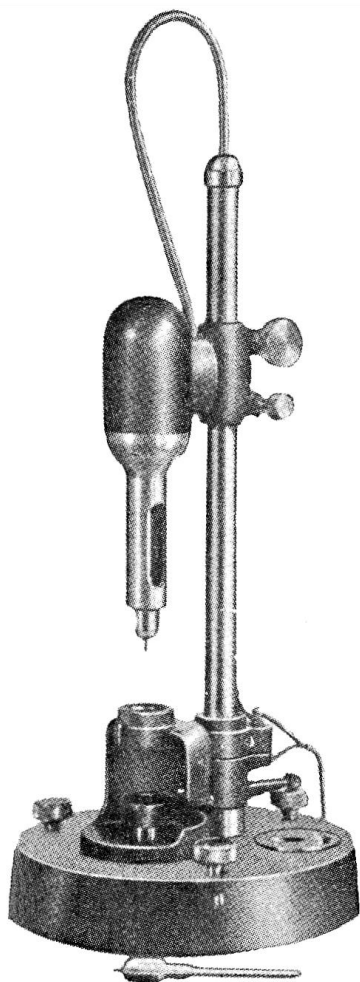



FIG. 136 - Pendolo balistico per collaudo capsule.

FIG. 135 - « Berta » elettromagnetica per collaudo capsule.

PROVA DI POTENZA COL PENDOLO BALISTICO

Il pendolo è rappresentato nella fig. 136.

Si opera prendendo o una cartuccia vuota innescata o un innesco e introducendolo in basso in una finta camera.

La massa battente a destra della fotografia del peso di gr. 250, liberata dal gancio di arresto, va a colpire un percussore determinando l'accensione della capsula. La forza dell'esplosione spinge la massa a sinistra dell'apparecchio. Tale massa descrive un arco di cerchio fermandosi, mediante una frizione coassale al perno di sospensione nella posizione di elongazione estrema.

Rilevando l'angolo e quindi l'altezza di caduta e quella di sollevamento delle due masse, si può ricavare la potenza dell'innesco.

Ecco alcuni risultati di potenza ottenuti col pendolo:

Gli apparecchi 6,45 per cartucce da caccia normali caricate gene-

ralmente al fulminato, ma anche allo stifnato, danno un'altezza di sollevamento tra i 10 e i 16 cm. con scarti da ± 2 ± 5.

Gli apparecchi unifocali scoperti, caricati, oltre che a fulminato, a miscele stifnato-tetrazene e cioè quelle per cartucce più fini, danno altezze di sollevamento che vanno da 20 a 30 cm. con scarti da ± 3 a ± 5.

Gli apparecchi coperti, detti doppia forza, e che generalmente vengono adoperati nelle gare di tiro, danno altezze di sollevamento che vanno da 26 a 35 cm. ed oltre con scarti da ± 3 a ± 7.

I risultati di tali prove però dipendono prevalentemente se non esclusivamente dalla quantità di gas sviluppata nell'esplosione delle capsule e prescindono dalla temperatura della fiamma, per cui i dati ottenuti sono sempre discutibili.

PROVE DI SICUREZZA CHE SI ESEGUISCONO SUGLI INNESCHI

Si mettono le capsule su di un traballatore per varie ore, esse non devono scoppiare.

La sicurezza della caduta si eseguisce facendo cadere gli inneschi confezionati nelle scatole, su un piano di cemento dall'altezza di 5 m. Non devono scoppiare.

A titolo indicativo dirò che il collaudo di sicurezza delle capsule per caccia si può fare anche con una berta elettromagnetica con peso di gr. 388; le capsule, per essere adoperate, non devono detonare da un'altezza inferiore a 30 mm. (prova di sicurezza), mentre invece devono assolutamente detonare fra i 70 e 100 mm.

DETERMINAZIONE DELLA FIAMMA DI ESPLOSIONE

Si è constatato che la temperatura massima dei prodotti della decomposizione esplosiva è in relazione con la durata e la lunghezza della fiamma stessa, la quale, a sua volta, dipende dalla costituzione chimica e dalla natura fisica del sistema esplosivo.

Interessanti ricerche sono state fatte da C.E. Bichel e da W. Will, i quali, mediante un apparecchio pressapoco come quello della fig. 137, hanno fatto fotografie della fiamma d'esplosione di molte sostanze esplosive.

A. Siersch, fotografando in assenza di luce l'esplosione di molti esplosivi, li ha addirittura classificati.

E' stata fotografata anche la vampa (fig. 185) con uno speciale apparecchio.

Una capsula è considerata debole quando il dardo di fuoco non è maggiore del doppio dell'involucro o poco più.

Capsule di media potenza sarebbero quelle che danno zampilli di fuoco 4 o 5 volte maggiori dell'altezza dell'involucro.

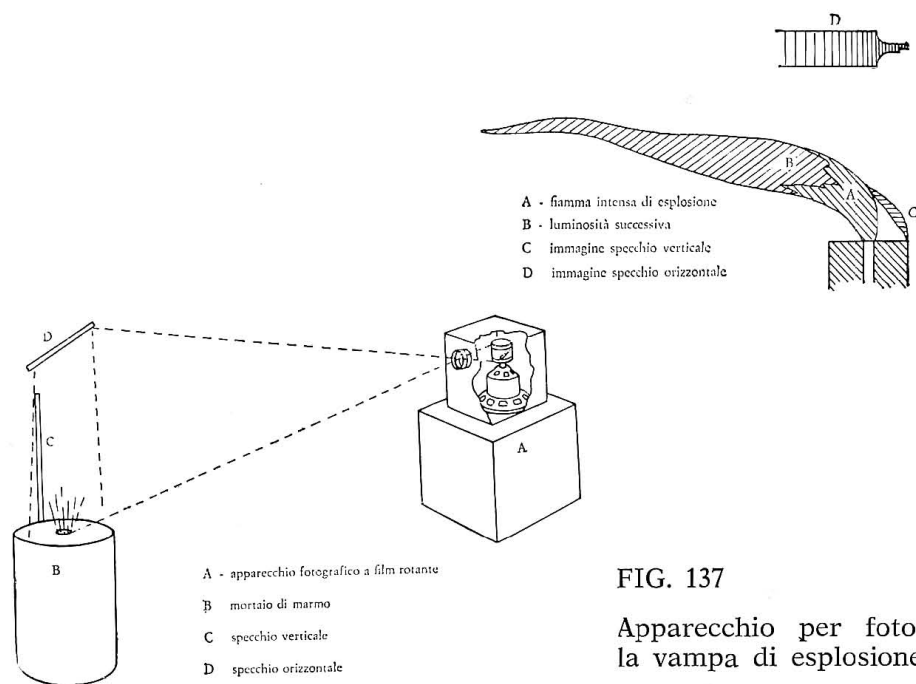



FIG. 137

Apparecchio per fotografare la vampa di esplosione.

Le capsule più potenti sarebbero quelle che hanno lunghezze maggiori di fuoco.

Molta importanza ha poi l'uniformità della fiamma che deve mostrare un dardo compatto e quindi maggiormente efficace. Infatti se la miscela non è ben fatta, i vari componenti si incendiano in maniera non uniforme dando luogo alla diffusione di particelle incandescenti che avendo velocità diverse percorrono traiettorie disordinate, determinando un'accensione non uniforme della polvere da sparo (Vedi figg. 186-187-188).

Per esperienza personale posso dire che la fabbricazione delle capsule sia da caccia che da guerra, oltre ad essere interessante, è delicata. Tale lavorazione va molto seguita sparando, per le capsule da caccia, le stesse capsule con polveri diverse onde accertarsi, misurando velocità e pressione, se queste sono costanti o no. Occorre adoperare sempre polveri dello stesso lotto e che risentano il meno possibile delle condizioni atmosferiche.

Per le capsule da guerra occorre attenersi ai capitolati militari.

CAPITOLO TERZO

COMPOSTI ALOGENATI DELL'AZOTO

Altri esplosivi che possono essere considerati tra i detonanti, anche se non hanno mai avuto alcuna applicazione per cui l'interesse per essi è semplicemente teorico, sono i derivati alogenati dell'azoto.

CLORURO D'AZOTO NCl_3 (p.m. 120,28)

Liquido che odora fortemente di cloro, oleoso, colorato in giallo scuro, con peso specifico 1,653 e che si prepara, secondo Dulong che lo scoprì nel 1912, facendo agire il cloro su di una soluzione concentrata di cloruro ammonico secondo l'equazione:

$$N H_4 Cl + 3 Cl_2 \longrightarrow N Cl_3 + 4 H Cl$$

E' un composto endotermico che esplode oltre che per urto anche per l'azione di altre sostanze come fosforo, arsenico, selenio, resine, grassi e sostanze grasse.

Distilla a 71°, esplodendo poi con molta violenza a 93°. Durante la sua preparazione si ebbero a lamentare diversi incidenti dove subirono mutilazioni il Dulong stesso ed altri due celebri chimici, il Davy e il Faraday.

Si scioglie in etere, benzene, cloroformio, tetracloruro e solfuro di carbonio.

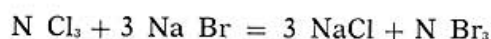
JODURO D'AZOTO NJ_3 (p.m. 394,79)

Si prepara trattando lo jodio con una soluzione acquosa di ammoniaca. A quanto pare non ha la formula $N J_3$ ma $N J_3$ n NH_3 in cui **n** = 1 o 2.

La sua potenza di esplosione diminuisce con l'aumentare delle molecole di ammoniaca. E' solido, colorato in bruno e tremendamente esplosivo allo stato secco (Courtois 1812) per urto e riscaldamento.

BROMURO D'AZOTO NBr_3 (p.m. 253,75)

Di questo composto si sa solo che è un olio bruno esplosivo e che si ottiene, secondo Millon, trattando il tricloruro d'azoto con una soluzione di bromuro di sodio:

$$N Cl_3 + 3 Na Br = 3 NaCl + N Br_3$$

FLUORURO D'AZOTO NFl_3 (p.m. 71,008)

Secondo Warren, tale composto si otterrebbe sotto forma di olio giallo molto esplosivo per elettrolisi di una soluzione concentrata di fluoruro ammonico.

Esso si decompone a contatto del vetro, di ac. salicilico e sostanze organiche.

PARTE SESTA

INNESCAMENTO E DETONATORI VARI

CAPITOLO PRIMO

CAPSULE DA MINA O DETONATORI

INNESCAMENTO

Gli inneschi e cioè sia i detonatori che le capsule, delle quali ho già parlato, sono appositamente fabbricati per provocare l'esplosione delle sostanze esplosive.

Per la polvere nera, come abbiamo visto precedentemente, è sufficiente una scintilla provocata da una miccia accesa, ma per tutti gli altri esplosivi, occorre un'onda d'urto molto energica per cui si è dovuto ricorrere alla fabbricazione di capsule e detonatori a base di innescanti primari e cioè o di fulminato di mercurio, o di azotidrato di piombo, o di stifnato di piombo, o di stifnato di piombo e tretrazene, ecc. che esplodono con violenza per la rapidità con cui si compie la loro trasformazione chimica e che scoppiano o per semplice percussione o per il calore provocato dalla miccia accesa, o mediante azione elettrica attraverso un esploditore, producendo un'onda esplosiva capace di provocare la decomposizione istantanea anche di grandi quantità di esplosivi.

Come è noto e come abbiamo già spiegato, l'onda d'urto prodotta da una detonazione nelle vicinanze, è capace di iniziare la detonazione di una carica di esplosivo situata ad una certa distanza (esplosione per simpatia).

Questo fatto viene sfruttato per provocare, per mezzo dell'onda d'urto prodotta da un esplosivo sensibile, detto appunto innescante primario, la detonazione di una carica dirompente che generalmente consta di un esplosivo poco sensibile.

L'urto viene trasmesso anche ad una certa distanza, ma è bene che le due cariche si trovino a contatto diretto ed è questo il motivo per cui, sia negli esplosivi da mina che in quelli da guerra, si cerca di mettere sempre il detonatore a contatto dell'esplosivo. Anzi, negli ordigni bellici e nei tubi di esplosivo per ricerche geofisiche che generalmente sono caricati con esplosivi poco sensibili per ragioni di sicurezza, occorre infilare o mettere a contatto del detonatore primario composto di pochi

grammi di esplosivo sensibile, un detonatore secondario, generalmente formato da esplosivo compresso (TNT, T_4, Pentrite, Tetrile, ecc.) piuttosto sensibile, il quale ha il compito di trasmettere all'esplosivo poco sensibile, l'onda d'urto del detonatore primario, notevolmente aumentata, in quanto il detonatore secondario contiene, rispetto al primario, una quantità superiore di esplosivo avente una velocità molto elevata aggirantesi sui 7000-8000 m/s. La sensibilità delle sostanze innescanti, come già detto, non è in relazione con la loro forza esplosiva, infatti tutti gli innescanti hanno una forza esplosiva inferiore a quella degli esplosivi secondari citati sopra.

Ultimamente sono state fatte delle ricerche dalle quali si è convenuto che per far decomporre una molecola, occorre darle una certa quantità di energia, detta appunto « energia di attivazione ». Tale energia di attivazione la molecola la riceve mediante uno spostamento.

Mentre in un primo tempo si pensò che per far avvenire la detonazione occorresse sottoporre l'esplosivo ad una pressione corrispondente alla temperatura di deflagrazione, in seguito è stato accertato che la detonazione non ha inizio a 20000 atmosfere come si supponeva, ma a circa 1000 atmosfere. Infatti l'Hugoniot dice che con una compressione di 1000 atmosfere, la temperatura sale di 10°, mentre con quella di 10000 atm. sale a 113°.

La detonazione si verifica soltanto con una elevazione rapida della compressione, infatti è difficile provocare un'esplosione alzando molto lentamente la pressione, ed è questa la ragione per cui tutte le presse per compressione di esplosivi devono avere una velocità di compressione molto limitata.

Passando a considerare la densità dell'esplosivo pressato, dobbiamo tener presente quanto segue: *in un mezzo più denso lo smorzamento delle oscillazioni è più lento, mentre in uno poco denso, le oscillazioni verranno smorzate su un percorso più corto, e cioè l'inizio di una esplosione è tanto più difficile quanto più è compresso l'esplosivo.* In queste condizioni infatti, si viene a limitare il movimento relativo delle molecole, per cui è conveniente non sottoporre gli esplosivi a pressioni molto maggiori di quelle richieste per l'impiego.

Le densità considerate migliori cui devono essere caricati i principali quattro esplosivi secondari attualmente più adoperati sono le seguenti:

Tritolo	=	Dens.	1,50 ± 2
Pentrite	=		1,56 ± 2
T_4	=	»	1,58 ± 2
Tetrile	=	»	1,55 ± 3

Concludendo, da quanto è stato sopra esposto, risulta che la velocità di detonazione e quindi l'effetto d'urto dei dirompenti, dipende dalla forza dell'impulso iniziale cioè dal detonatore primario. Nel caso

si avessero grandi cariche di esplosivo poco sensibile da fare esplodere, per ricavarne il massimo effetto, occorre che l'impulso iniziale sia estremamente forte ricorrendo allora al detonatore secondario formato da uno degli esplosivi sopra nominati o da esplosivi da mina più potenti.

Ed ora che abbiamo dato un'idea di che cosa sia un detonatore e a che cosa serva, passerò a descrivere come è fatto e come si carica.

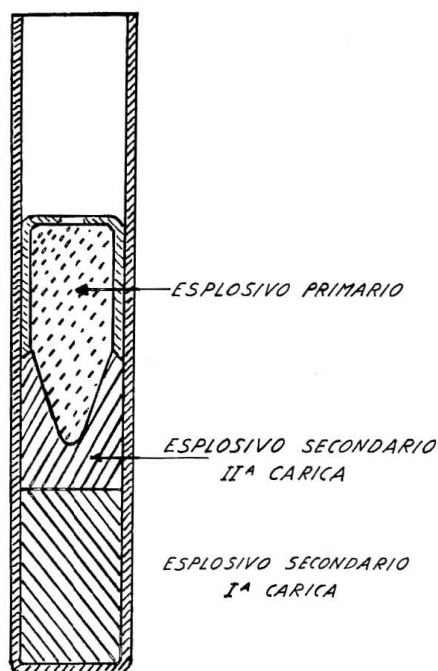



FIG. 138

Detonatore normale.

CAPSULE DA MINA ORDINARIE O DETONATORI NORMALI

Un detonatore consiste in un bossoletto o di alluminio o di rame o di ottone o di ottone ramato (fig. 138) che sul fondo ha una carica di tritolo o pentrite o T_4 o tetrile o Compound B o un miscuglio di questi esplosivi dirompenti e, verso la bocca, in cui va infilata la miccia a lenta combustione, una carichetta o di fulminato o di stifnato, o di azotidrato o di azotidrato e stifnato mescolati insieme o di stifnato e tetrazene. E' da notare che fino a pochi anni fa i detonatori erano caricati col solo fulminato. Infatti la tabella n. 17 di Sellier e Bellot già citata è stata compilata in base a questi detonatori. L'aggiunta dei sopra citati esplosivi dirompenti è stata fatta per diminuire il costo e per far aumentare la potenza.

L'esplosione avviene nel seguente modo: la miccia a lenta combustione della quale parleremo, infilata fino a toccare leggermente l'esplosivo primario e fermata mediante schiacciamento con apposita pinza all'imbocco del detonatore, provoca, mediante il dardo, l'esplosione dell'esplosivo primario che, a sua volta, attraverso l'onda esplosiva, fa

esplodere tutto il detonatore e quindi la dinamite o l'esplosivo con esso a contatto.

L'onda esplosiva cioè provoca una vera e propria decomposizione istantanea, cioè l'esplosione di grandi masse d'esplosivo, purchè, e questo è molto importante, si scelgano le opportune grandezze delle capsule detonanti.

Se si fa economia di sostanza innescante e quindi sui detonatori, la carica di esplosivo non dà tutto il suo rendimento e una parte di esso può anche non esplodere, il che equivale a danni enormi per grosse volate e a pericolo per i minatori che poi devono lavorare per togliere il materiale in mezzo al quale è rimasto esplosivo inesploso.

In base a quest'ultima constatazione si può dire che ormai non esiste più nessuno stabilimento che carichi detonatori inferiori al n. 8. Attualmente per gli esplosivi da mina vengono usati il n. 8 e il n. 10.

Come vedremo più avanti, vi sono detonatori più potenti a seconda dello scopo cui sono destinati.

Se noi osserviamo l'interno di un detonatore vedremo che l'esplosivo primario è contenuto in un piccolo bossoletto forato che serve per lasciar passare la fiamma della miccia e che è chiamato « opercolo ».

Molte fabbriche usano, per sicurezza, chiudere il foro di passaggio della fiamma mediante un circolino di tela collodiata, la quale impedisce che la miccia possa toccare l'esplosivo primario con pericolo di esplosione, e la sua fuoriuscita, cosa molto pericolosa e che dà origine generalmente a gravi disgrazie o a mancate esplosioni.

I detonatori al fulminato non sono mai di alluminio in quanto questo metallo ne verrebbe intaccato formando allumina, ma di ottone o rame e che ora servono principalmente per le gallerie grisoutose in quanto l'alluminio farebbe alzare troppo la temperatura di esplosione incendiando più facilmente il grisou.

Tutti i detonatori caricati ad azotidrato o stifnato o loro miscele sono invece di alluminio in quanto tale metallo coi composti suddetti non forma sali pericolosi e non viene intaccato. La costruzione del bossoletto di alluminio è molto semplice, poichè tale metallo, per essere trafilato, non ha bisogno di molte ricotture e borlonature, mentre il bossoletto di rame o di ottone è più complicato nel senso che, per la sua costruzione, occorrono diverse trafile e altrettante ricotture, lavaggi, borlonature che fanno aumentare il prezzo.

Per esperienza posso dire che tutte queste operazioni devono essere condotte con la massima precisione e accuratezza, poichè diversamente si rischia di dover gettar via tutta la produzione o per la durezza del metallo che può produrre la sua rottura o per l'elasticità all'atto del caricamento e all'atto della chiusura per il fermo della miccia. *Per usi speciali sono stati fatti dei detonatori anche in plastica:* per es. per mine antiuomo ed anticarro.

CARICAMENTO DEI DETONATORI - Il caricamento dei detonatori è un'operazione abbastanza semplice, ma che necessita di molta attenzione e di molta calma, poichè basta un movimento brusco o un momento di disattenzione per provocare disgrazie anche di una certa gravità. Generalmente in tali casi gli organi più colpiti sono le mani e, qualche volta gli occhi.

Cercherò di dare un'idea generale del caricamento di tali capsule detonanti aggiungendo quello che l'esperienza mi ha insegnato.

Il caricamento viene fatto in una vasta sala. Generalmente, su un unico fronte, sono sistemate dietro corazze in ferro dello spessore di 1 cm., i caricatori o

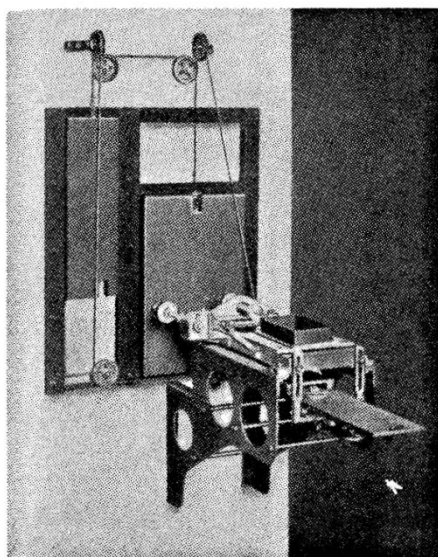



FIG. 139 - Caricatore.

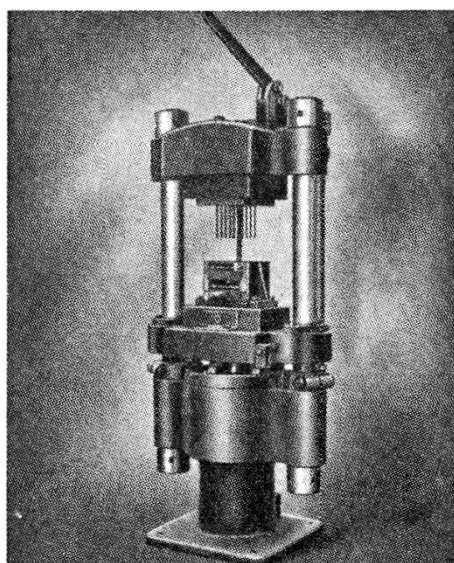



FIG. 140 - Pressa per detonatori.

tramogge e le presse (figg. 139-140). Una macchinetta costituita da un insieme di tramogge con diaframma centrale e di altrettanti tubi, quando tale lavoro non viene fatto a mano, fa cadere i detonatori vuoti tutti nello stesso senso e in due palmelle.

Le palmelle sono costituite da un fondo di acciaio con un certo numero, generalmente circa 50-52 spinette di acciaio che hanno il compito di produrre sul fondello del detonatore la cavità conica (effetto Neumann del quale si è già parlato), la quale non da tutti viene fatta, ma che dovrebbe aumentare la potenza del detonatore.

Noi supponiamo che la palmella sia di 52 detonatori. Un uomo o una donna, presa la palmella coi detonatori vuoti, vi applica sopra una lastrina o di ottone o di altro materiale antiscintilla, ottimo è « l'anticorodal », con tanti fori conici per facilitare l'introduzione dell'esplosivo nei detonatori e la mette, dietro corazza, nel primo caricatore, il quale, come tutti gli altri, è a volume. Fatta la prima carica di uno dei tre esplosivi secondari (TNT, T_4, Pe) sostituisce alla lastrina di ottone con fori conici, una lastrina di acciaio con 52 fori svasati e fa la prima pressata, indi leva tale lastrina e mette quella di ottone per fare il secondo caricamento sempre con esplosivo secondario e poi quella di acciaio allo scopo di facilitare l'introduzione dei punzoni nei detonatori per la seconda pressata.

I punzoni non devono essere fissi, ma avere un certo gioco.

La pressione che generalmente si dà è di 300-310 Kg/cmq per la prima pressata e di 280-290 Kg/cmq per la seconda, per la terza dell'esplosivo primario di 270 Kg/cmq.

Lo scopo della doppia carica è quella di avere una maggiore uniformità di pressatura. Da esperienze fatte anche dall'autore, una sola pressata dà risultati scadenti. Inoltre, i punzoni della seconda pressa, è bene siano a punta sagomata in modo da formare una piccola cavità in cui, al terzo caricamento a base di esplosivo primario, questi può aumentare la sua superficie di contatto con l'esplosivo sottostante.

Nei detonatori del N. 8 generalmente sono contenuti Gr. 0,8-0,9 di esplosivo secondario e gr. 0,3-0,4 di primario; in quelli del N. 10, gr. 0,9-1,0 di secondario e gr. 0,3-0,4 di primario. La tramoggia dell'esplosivo primario deve essere di una precisione e di una scorrevolezza veramente eccellente, pulita e verificata molto spesso. Se l'operaio addetto al caricamento si accorge di qualche piccolo difetto, occorre fermare la lavorazione e provvedere onde evitare lo scoppio e quindi la sua distruzione.

A questo punto comincia la parte più delicata dell'operazione di caricamento. Dopo la carica di esplosivo primario, si infila nel detonatore l'opercolo che serve, come ho detto, a trattenerlo. Ogni stabilimento per tale operazione ha un suo metodo particolare. Generalmente si riempie di opercoli una palmella con vere e proprie matrici di acciaio col diametro del foro perfettamente uguale al diametro esterno dell'opercolo e quindi, posatala con precauzione sulla palmella dei detonatori carichi, mediante una quarta pressata sempre dietro corazza, l'opercolo s'incastra nell'interno del detonatore trattenendo l'esplosivo. Dato che sulla palmella e dentro i detonatori si deposita sempre un po' di esplosivo, molti stabilimenti a questo punto fanno la così detta « soffiatura », cioè fanno convergere sulla palmella, sempre dietro corazza, un opportuno getto d'aria per pulire ogni cosa. Il detonatore rimane così finito, ma esso ha bisogno di essere controllato per vedere se perde esplosivo, cioè per vedere se l'esplosivo primario è stato abbastanza pressato. Attenzione però che la « soffiatura » può dar luogo anche a scoppi, ed io posso testimoniare di averne visti diversi. Infatti l'aria, entrando nel detonatore, spesso dà luogo ad una pressione che fa esplodere i detonatori stessi. **Quindi anche i minatori non devono mai soffiare nel detonatore per mandare via la segatura, ma semplicemente rovesciarli.**

Il sistema più in uso per pulire i detonatori all'uscita delle presse è quello di mettere i detonatori, insieme a segatura che serve anche per pulirli, in una botte di legno posta in un apposito locale, e di farli girare per qualche ora. Tale locale naturalmente deve essere ben protetto. Fatta questa operazione, mediante una manovella dall'esterno, i detonatori vengono rovesciati in un setaccio e, raccoltili con le dovute cautele, vengono visitati e inscatolati in un altro locale da donne che è bene siano divise, le une dalle altre, da grosse tavole di legno che trattengono, in caso di scoppio, le schegge.

Sui loro tavoli vi deve essere la minima quantità di detonatori ed è bene proteggere loro la faccia mediante una lamiera, al centro della quale è applicato, per vedere, un vetro infrangibile. Tale lamiera deve proseguire anche sotto il tavolo in modo da poter proteggere, in caso di scoppio, anche il ventre e le gambe della donna.

Le precauzioni per il caricamento dei detonatori e per la loro manipolazione non sono mai troppe. I detonatori vengono messi in scatole da 100 con segatura per evitare urti.

Precauzioni più importanti da farsi osservare agli operai per il caricamento dei detonatori.

Attendere sempre, prima di aprire lo sportello della tramoggia e della pressa che l'operazione sia finita. Molte volte l'esplosione della palmella avviene proprio all'atto dell'estrazione dei punzoni dal detonatore. Prima di cominciare il lavoro, assicurarsi che nè i punzoni delle presse, nè le tramogge abbiano sbavature e che siano ben rettificate. Evitare ogni e qualsiasi urto. Non tenere sui banchi di lavoro più di una palmella, non distrarsi, mantenere la calma e la massima pulizia sia degli utensili da lavoro che sui banchi, evitare nel modo più assoluto di portare anelli, braccialetti e ninnoli del genere, mentre invece deve essere fatto obbligo agli operai di portare gli appositi occhiali infrangibili. L'autore del presente libro, più di una volta, ha potuto constatare l'utilità degli occhiali che gli operai tanto mal volentieri portano.

L'urto di una mano munita di anello contro una palmella sporca d'esplosivo può provocarne l'esplosione. Durante il caricamento delle tramogge, tutta la sala deve smettere il lavoro. Tale operazione va segnalata mediante campanello o fischietto. Evitare nel modo più assoluto che gli operai prendano confidenza con l'esplosivo.

Durante le giornate ventose o asciutte tali precauzioni devono essere aumentate poichè, da una specie di statistica che ho potuto fare, gli scoppi sono più frequenti. **In tali giornate, come detto in precedenza, è bene inaffiare frequentemente i locali di lavorazione onde aumentare l'umidità o farvi arrivare dei tubi di vapore aprendone leggermente un rubinetto. Tale sistema è risultato ottimo.**

PRINCIPALI PROVE DA ESEGUIRSI SUI DETONATORI

Prova di volata - Consiste nell'introdurre nel detonatore un pezzo di miccia a lenta combustione e collegarla, dopo averne tagliato un pezzetto, longitudinalmente ad un filo che si rende incandescente elettricamente, e che quindi accende le micce che, a loro volta, fanno esplodere i detonatori. Tali micce è bene siano di lunghezze diverse in modo che i detonatori esplodano uno alla volta. Non si deve verificare alcun colpo mancato.

Prova della piastrina di piombo - Consiste nel far esplodere il detonatore appoggiato verticalmente ad una piastrina di piombo puro dello spessore di 5 mm., quadrata ed avente il lato di 50 mm. e nell'osservare sia la perforazione che la finezza delle irradiazioni (figg. 141A-141B-141C) prodotte alla sua superficie, dipendenti queste ultime dal diverso grado di finezza di scheggiatura del detonatore stesso che è in funzione del potere frantumante e della velocità di detonazione.

Il diametro del foro di un detonatore del n. 8 oscilla fra i 9 e i 10 mm.; quello del n. 10 fra gli 11 e i 13 mm.; esso varia a seconda dell'esplosivo secondario adoperato e della pressione sopra citata cui sono stati caricati i detonatori.

Prova del blocco di piombo o Trauzl - Consiste nel far esplodere il detonatore collocato in un foro del diametro di mm. 7 e della profondità di 30 mm. praticato in un blocco di piombo di prima fusione avente il diametro e l'altezza di 100 mm.

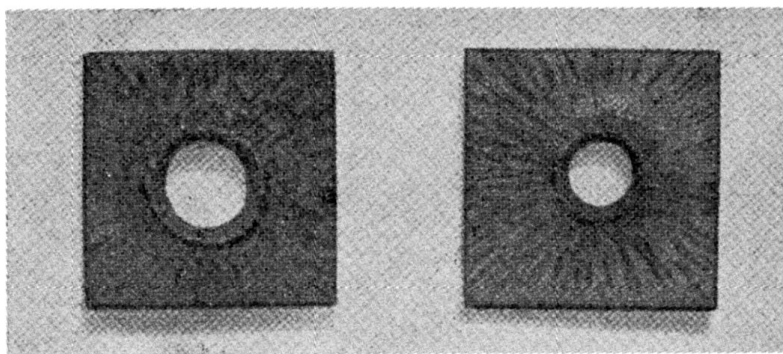



FIG. 141 A
Diritto.

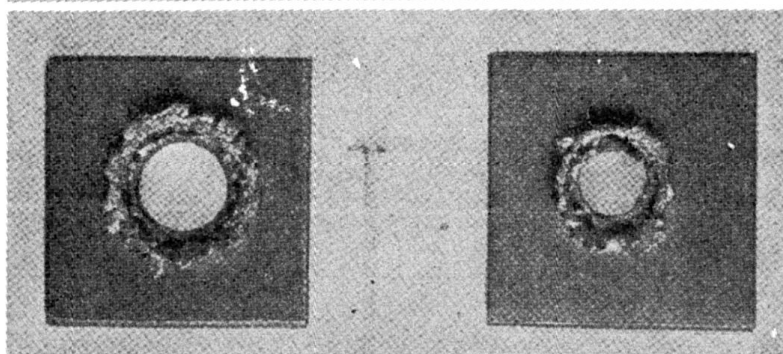



FIG. 141 B
Rovescio.

Prova dei detonatori alla piastrina di Piombo.

FIG. 141 C.
Dispositivo per la prova della piastrina.

Il trauzl di un detonatore del n. 8 deve essere dai 26 ai 28 cc.; quello del n. 10 dai 35 ai 37 cc.

Prova detta della sabbia - E' una prova che viene usata specialmente in America e consiste nel rilevare la quantità di polvere ottenuta da una sabbia dura quando in essa venga fatta esplodere una capsula. Per eseguire questa prova si impiega un apposito recipiente metallico a robuste pareti (fig. 142), nel quale viene posta una certa quantità di sabbia di una determinata granitura. Il detonatore si pone al centro e si fa esplodere elettricamente dall'esterno. Termine di confronto della potenza del detonatore in esame è il peso di sabbia che passa, dopo

l'esplosione, attraverso un setaccio avente un determinato numero di maglie per cmq.

I risultati sono riportati in diagrammi in cui le ordinate danno il peso in sabbia frantumata e le ascisse, la quantità di esplosivo adoperato.

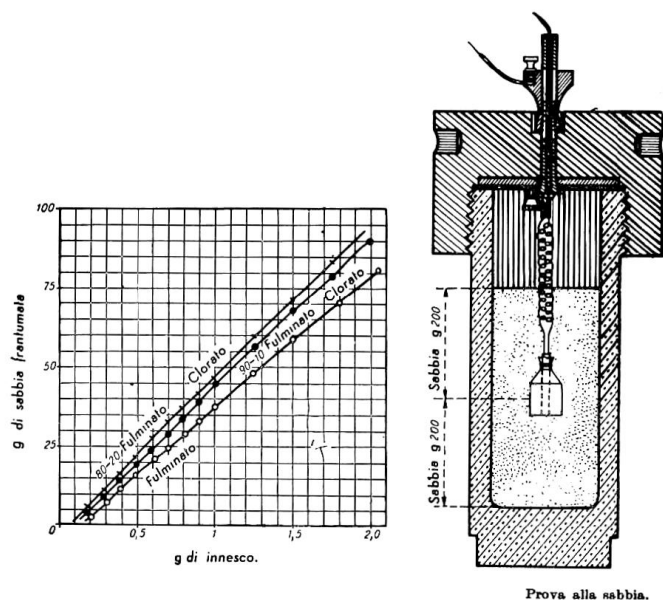



FIG. 142

Dispositivo per la prova di frantumazione della sabbia.

DETONATORI SECONDARI

Tali detonatori costituiscono una carica intermedia, come già accennato, tra l'innesco e la carica di scoppio, aiutando quindi, specialmente negli esplosivi sordi o contenuti in involucri in grande quantità, la detonazione.

Essi sono costituiti specialmente di cilindretti compressi di esplosivi molto potenti tipo T_4, Pentrite, Tetrile flemmatizzati, TNT puro o tetritolo.

La quantità di esplosivo contenuta in questi detonatori varia da pochi grammi ad 1 Kg. con una lunghezza che va da pochi mm. a qualche decimetro. Sono usati specialmente in ordigni bellici o per esplosivi subacquei e vengono a loro volta innescati da esplosivi primari.

CAPITOLO SECONDO

ACCENSIONE ELETTRICA DELLE MINE

DETONATORI O INNESCHI ELETTRICI

Sono comuni detonatori del n. 8 e del n. 10 con l'aggiunta (fig. 143-144A e B) a contatto dell'esplosivo primario, di una miscela fusa di solfocianato di piombo e clorato di potassio che funziona da accendi-

FIG. 143 - Detonatore elettrico.

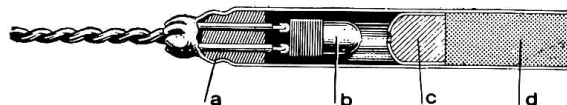



FIG. 144 A - Detonatore elettrico sezionato: a) tappo; b) pastiglia di infiammazione; c) carica primaria; d) carica di base.

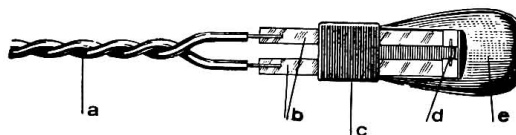



FIG. 144 B - Testina di accensione: a) fili conduttori isolati; b) laminetta di contatto; c) supporto in plastica; d) filo di ponte; e) miscela di accensione.

tore. In questa miscela vengono immessi due fili di rame collegati sul fondo da un ponticello di sottilissimo filo di platino iridio. Il tutto viene fissato alla bocca del detonatore mediante un tampone di zolfo o, in caso di detonatori subacquei (fig. 145), di altro materiale impermeabile che generalmente è catrame ad alto punto di fusione o resina sintetica. Immettendo, mediante un apposito esploditore dinamo-elettrico

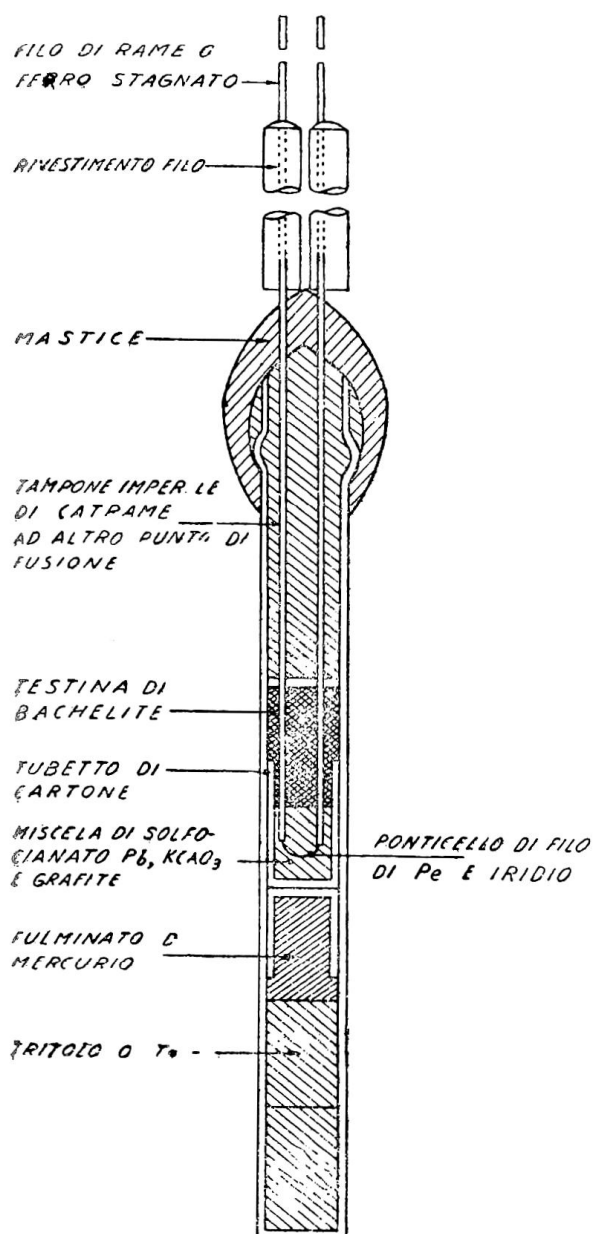



FIG. 145

Detonatore subacqueo.

(Vedi fig. 146), un'intensità di corrente che all'inizio può essere di 0,75-0,90 Amp., la miscela innescante, mediante il filo di platino iridio, si accende e fa esplodere il detonatore.

La fabbricazione di tali capsule ha bisogno di macchine precise e quindi costose.

I detonatori elettrici in questi ultimi tempi hanno preso molto impulso in ogni parte del mondo. Però, oltre al fatto economico, in quanto tali detonatori costano molto più di quelli normali, essi richiedono del personale con cognizioni alquanto più elevate.

L'accensione elettrica attualmente è preferita a quella pirica in quanto offre

maggior sicurezza dato che può essere effettuata con calma quando tutto il personale sia ben lontano dal fronte di cava o di galleria.

Le statistiche dimostrano che gli incidenti, con l'avvento dei detonatori elettrici, sono molto diminuiti.

Inoltre i perfezionamenti apportati al brillamento elettrico con i **detonatori a ritardo** e poi con quelli a **microritardo** hanno ancora aumentato i vantaggi. L'introduzione dei **detonatori antifulmine** detti **HU** ne ha reso sicuro l'impiego anche in alta montagna e durante i temporali.

Ecco come possono essere suddivisi i detonatori elettrici:

Gli accenditori possono avere o non avere incorporata la capsula detonante.

Nell'ultimo caso essi contengono l'innesco elettrico soltanto e devono essere uniti a detonatori ordinari per poter essere utilizzati per il brillamento di mine. In Italia tali accenditori non sono usati e ad essi si preferisce il detonatore elettrico completo (fig. 143).

Esso è costituito da:

1) Un involucro esterno di alluminio o rame.

2) Fili conduttori di corrente generalmente isolati in plastica di circa mm. 0,5.

3) Chiusura totale dell'involucro in gomma, catrame, plastica o mastice.

4) Resistenza di accensione in nichel-cromo del valore di 1-2,5 hom., lunga 0,2-0,3 mm. e del diametro di 0,03-0,04 mm.

5) Testina o perla di materia incendiva come detto sopra (miscele a base di perclorato, clorato, solfocianuro di Pb, acetiluro di rame o zirconio in polvere, diazodinitrofenolo, ecc.).

6) Carica iniziatrice a base di azotidrato o stifnato per capsule in alluminio o fulminato per capsule di rame.

7) Carica di scoppio a base di Pentrite o T_4 o tetrile o TNT compressi.

Tali detonatori sono caratterizzati da alcune grandezze che il minatore deve conoscere:

a) Resistenza totale *R* del circuito in ohm.

b) La corrente critica *Ic* che generalmente è di 0,8-1 Ampère.

c) La corrente limite *Ie* sotto la quale non vi è accensione e che è di 0,2 Ampère.

d) Il ritardo di accensione cioè il tempo necessario all'impulso elettrico per provocare l'interruzione del circuito, dell'ordine di grandezza di 1/4-1/2 millisecondo.

e) Impulso di accensione che si esprime in Milliwatt sec/ohm, il cui valore normale è di circa 3-4 mw. sec/ohm. Infine la lunghezza dei conduttori che varia a seconda delle necessità da 1 a 4 m.

ESPLODITORI PER L'ACCENSIONE DEI DETONATORI ELETTRICI

Per accendere i detonatori elettrici, come già detto, vi sono appositi apparecchi di accensione che possono essere: magneto-elettrici a batteria o a condensatore.

Quelli più usati sono i magneto elettrici che possono generare o correnti alternate o brevi impulsi di corrente indotta, di durata suffi-

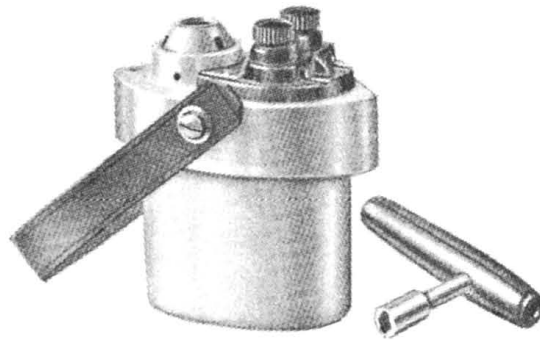



FIG. 146
Esploditore dinamo-elettrico.

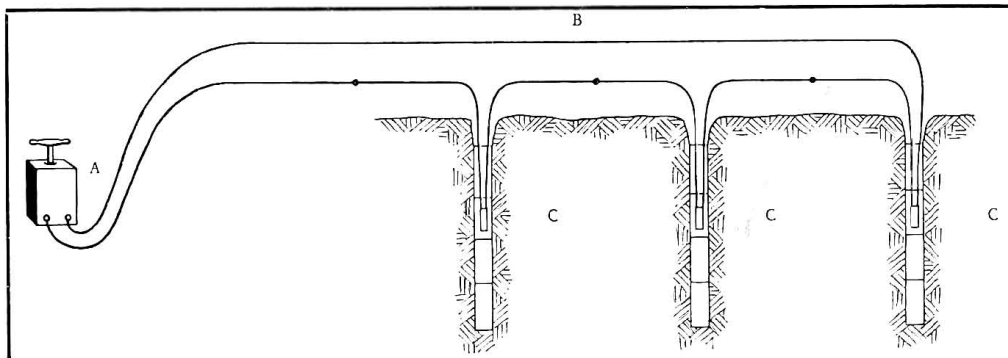



FIG. 147 - Detonatori in serie. A = esploditore; B = conduttori; C = cariche.

ciente a fondere le resistenze di Nichel-cromo. Generalmente si manovrano a mano oppure a molla previo loro caricamento (fig. 146).

Tali apparecchi, anche a cremagliera, vengono costruiti per poter sparare 20-50-100 detonatori e sono caratterizzati dalla resistenza massima di 300 ohm del circuito di brillamento sul quale possono essere impiegati garantendo l'accensione dei detonatori.

I detonatori elettrici vengono generalmente usati in serie (fig. 147), collegati con i propri fili l'uno dietro l'altro ed all'accenditore, posto a debita distanza, con altri fili di cui è necessario tenere conto nel valutare le possibilità di impiego del generatore magnetoelettrico (1000 m. di filo di rame ∅ 1 mm. hanno una resistenza di circa 4,5 ohm., ∅ 1,5 di circa 2,75 ohm. ecc.), se il filo è in ferro la resistenza è 8

volte superiore. La resistenza media di un detonatore elettrico è di circa 1,6 ohm. La resistenza della linea di rame (6/10) è di circa 6 ohm. ogni 1000 m. Naturalmente se il filo è di diametro maggiore assorbe più ohm. Se per es. si vogliono sparare 20 colpi avremo: 20 per 1,6 = 32 ohm.; con linea di 100 m. e 2 fili di rame, avremo: 2 × 6 ohm. = 12 ohm. e quindi 32 + 12 ohm. = 44 ohm.

Norme principali per il brillamento di mine con detonatori elettrici. Prima del brillamento occorre accertarsi, mediante un hometro (fig. 148), dclla resistenza del circuito. In caso di cattivo funzionamento, controllare anche il

FIG. 148
Hometro.

generatore mediante un semplice apparecchio contenente una lampadina che, inserita in circuito, si accende brevemente soltanto se il generatore funziona regolarmente.

Quando si devono fare grandi volate occorre controllare l'isolamento da terra del circuito di accensione; in pratica questo non deve essere inferiore ai 5000 ohm.

La potenza dei detonatori elettrici si misura ancora con la scala di Sellier Bellot, ma in pratica si usano solo quelli del N. 8 (Tab. 17).

I detonatori elettrici ordinari, sia in serie che in parallelo, esplodono tutti contemporaneamente, quindi non possono essere adoperati quando si desidera avere una successione di colpi ben determinata come in galleria o in gruppi di mine su più file parallele.

Occorre tener presente che in una volata bisogna mettere i detonatori o tutti in serie o tutti in parallelo, poichè si è constatato che col collegamento misto si possono avere brutte sorprese. Inoltre la messa a punto dei detonatori elettrici in una volata, deve essere fatta da persone competenti onde non incorrere in errori che, oltre a rovinare la volata, possono essere pericolosi. Prima di sparare, è sempre bene ricontrollare che tutti i collegamenti dei fili siano perfetti.

Detonatori elettrici ritardati, a ritardo ordinario - Sono uguali a quelli precedentemente descritti a pag. 508 con in più una carica di tra smissione a ritardo, costituita da una miscela di tipo pirotecnico che si incendia mediante la testina di innesco, brucia in un dato tempo (variabile da ½ secondo in ½ secondo o da secondo in secondo a seconda della lunghezza), e provoca la detonazione della carica al fulminato o all'azotidrato e quindi di tutto il detonatore.

In commercio esistono detonatori ritardati caratterizzati dai nn. 1, 2, 3, 4, ecc. generalmente fino a 10 o 12. L'ultimo ritarda rispetto al momento dell'accensione di 5 o 6 secondi per cui le prime mine hanno il tempo di scaricarsi prima che abbia luogo l'esplosione delle ultime.

I detonatori a ritardo si distinguono da quelli istantanei e da quelli a microritardo fra loro perchè i fabbricanti usano dare colori diversi ai rivestimenti in plastica dei conduttori e quelli a ritardo ordinario portano i numeri dall'1 al 12, inseriti sui conduttori mediante apposite targhette.

Detonatori elettrici a microritardo - Diversi anni fa si osservò che se le esplosioni di mine vicine avvengono a pochi millisecondi di ritardo una dall'altra, l'effetto frantumante sulla roccia è maggiore, mentre l'effetto vibratorio e sonoro complessivo è meno sensibile nelle vicinanze. Da questa osservazione si decise di fare dei detonatori detti a microritardo, i quali danno la possibilità di realizzare questi intervalli brevissimi. Essi sono molto simili ai precedenti, ma questi hanno il ritardo che viene ottenuto con una miscela diversa ed ammonta a frazioni di secondo. Di solito fra un tempo e l'altro si hanno ritardi di 25, oppure 50 millisecondi e se ne trovano in commercio fino a 18 tempi di ritardo, pari a 5-9 decimi di secondo complessivamente.

Anche se sono più cari, hanno il vantaggio di dare risultati veramente ottimi e difficilmente raggiungibili coi comuni detonatori.

Inoltre anche il lavoro da essi fatto è migliore, poichè le proiezioni di roccia sono pochissime, le vibrazioni sono molto attutite e vi è maggior comodità per eseguire grosse volate con una minore demolizione delle pareti già a contatto della roccia abbattuta.

Circa i collegamenti elettrici vale tutto ciò che si è detto per gli altri detonatori.

I detonatori a microritardo devono essere fabbricati da ditte molto serie poichè la loro lavorazione è difficile, richiede macchinari molto costosi e tecnici veramente bravi. Il fallimento di una volata può costare qualche milione, senza contare il pericolo che presenta e le difficoltà che si prospettano per farne un'altra.

Detonatori elettrici per ricerche geofisiche - Sono detonatori che hanno la doppia funzione di fare esplodere la carica e permettere l'esatta registrazione del tempo, ma sotto intensità di corrente anche superiori alle normali che possono venire adoperate per la loro accensione. *Come*

si sa, per i normali detonatori elettrici collegati in serie se l'intensità di corrente supera gli 1,5 Amp. si può avere la fusione del filamento metallico prima dell'esplosione del detonatore.

Nel detonatore elettrico normale tra il lancio della corrente nel circuito e lo scoppio del detonatore, passano dai 3 ai 4 millisecondi, mentre il sismogramma consente di apprezzare intervalli di tempo di 1/1000 sec. Se in un detonatore elettrico normale, la testina per riscaldamento del filamento si incendia e col suo dardo provoca lo scoppio della carica, nei detonatori elettrici è lo scoppio stesso della testina che dà origine al processo esplosivo in meno di 1/1000 sec. dal lancio di corrente. Per l'accensione si usano esploditori elettrici e condensatori messi in azione per mezzo di radio onde. L'intensità di corrente varia da 2 Amp. per colpi singoli a 4-5 Amp. per volata di qualche decina di inneschi collegati in serie.

ACCENDITORI ELETTRICI

Come abbiamo detto sopra, gli accenditori elettrici in Italia non sono molto usati in quanto ad essi si preferisce il detonatore elettrico completo. Ad ogni modo ecco le caratteristiche e una rapida descrizione. Un tempo l'accenditore era costituito da due conduttori di rame del

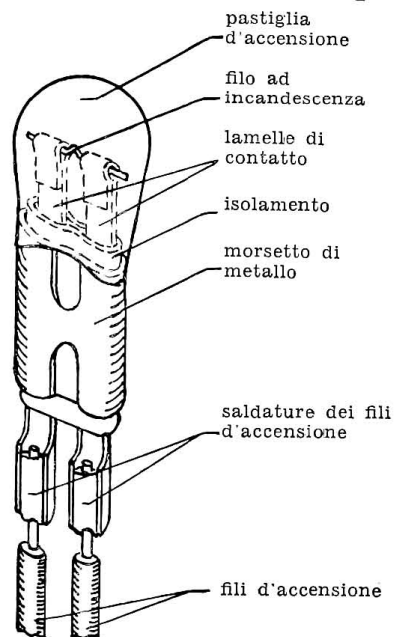



FIG. 149

Testina di detonatore elettrico.

diametro di 6-10 mm. isolati a doppia spirale riuniti all'estremità da un sottilissimo filo di platino da 0,03 mm. immerso in una miscela infiammabile a base di clorato di potassio e solfocianuro di piombo.

Attualmente vengono invece fabbricati gli accenditori a testina in cui il diametro del filo di platino è sempre di mm. 0,03 con la differenza che la miscela è composta di clorato di potassio, carbone, zirconio e acetiluro di rame resa infiammabile mediante vernice (figura 149).

Questi accenditori a testina che vengono poi collegati mediante un tampone di solfo ai comuni detonatori, sono fabbricati con apposito macchinario che dà maggior garanzia di uniformità ed inoltre hanno il vantaggio di funzionare con una minor intensità di corrente (circa 0,3 Amp.). Inoltre con questi si possono adoperare i reofori di filo di ferro stagnato o viplato anzichè in rame.

Il funzionamento avviene nel seguente modo: il passaggio della corrente provoca l'incandescenza del filo di platino e quindi l'infiammazione della miscela circostante, la quale a sua volta, innesca il detonatore.

I conduttori hanno una lunghezza di m. 1-1,5-2-3. Quelli di m. 1, presi come base, hanno una resistenza homica compresa tra 0,7 e 1,3 ohm.

TABELLA 73

TAVOLA RIASSUNTIVA DEI PRINCIPALI TIPI DI DETONATORI E DELLE LORO CARATTERISTICHE

(Da « ATTI » delle giornate di studio sugli esplosivi - Torino - Ottobre 1970)

Nazione	Denominazione ed impiego	Bossolo	Numero ritardi serie	Intervallo	Resistenza (OHM)	Corrente sicurezza	Corrente accensione consigliata	Impulso accensione m Ws/col m
GERMANIA OCCIDENTALE	Innesco A				0,8-2	0,18 A	0,8 A	0,8-3
	Innesco U (insensibile)				0,4-0,8	0,45 A	1,5 A	8-16
	Innesco HU (altamente insensibile)				0,10	4 A	25 A	1000-2500
	Istantaneo	Al			max. 4,5			
	Istantaneo U				max. 3,5			
	Microritardo	Al	18 18	20 ms. 30 ms.	0,5-0,6			
	Ritardo ordinario	Al	12	0,5s				
	Istantaneo antigrisou	Cu			COME GLI ISTANTANEI			
	Microritardo antigrisou	Cu	12 16	30 ms. 20 ms.				
	Ritardo ordinario antigrisou	Cu	10	0,5				
	HSP (per esplosivi all'aria liquida costanti fino a —30°C)							
	Per profondità (costanti fino a 1000 atm. e +150°)							
	Per sismica (tempo reazione max)						5 A	
	Per sismica antistatici (con sicurezza Elsta)							
	Per interruttori A.T. ultrarapidi (tempo reazione microsecondi)						750 A	2000
	Sensibilissimi ultrarapidi (tempo reazione 0,1 ms)							0,05
AUSTRIA	Istantaneo BMO (senza deton.)	Al						
	Istantaneo BRW (con deton.)	Al						
	Subacqueo BRW (con deton.)	Al						
	Antigrisou BMOU (senza deton.)	Cu						
	Antigrisou BRWU (con deton.)	Cu						
	Antigrisou subacqueo BRWU sub (con detonatore)	Cu						
	Con miccia a tempo BZ							
	Ritardo ordinario TMZ, TMZ sub, TZMSU		12	0,5				
	Microritardo MIZ, MIZ sub, MIZU		12	40 ms				

U.S.A.	Innesco SF				1,8-2	0,3	0,5-3 A	
	Timemaster SF		15	0,51				
	Rockmaster SF		38	8-25-125 m/s				
	Kolmaster SF sotter.		10	25-50 m/s				
	Rockmaster TSF		14	250-500 m/s				
	Staticmaster sismico . . .							
	Geomaster sismico					1,5	3-10 A	
ITALIA	IES istantaneo	Al			1,3-1,7	0,18 A	0,5 A	0,3-3
	IEN istantaneo antigrisou . .	ottone						
	IESS istantaneo subacqueo . .	Al						
	IESSGP istantaneo subacqueo (oltre 40 m. di profondità) .	Al						
	IER serie B	Al	10	0,5 s				
	IER serie antigrisou	ottone	10	0,5 s				
	IER serie M	Al	{ 13 12	{ 25 ms 30 ms				
	IER serie M antigrisou . . .	ottone	12	30 ms				
	IERS con miccia							
	IEPG geosismico subacqueo, ritardo preciso (0,3-0,5 ms) .	Al				0,18 A	3 A	
	AI (alta insensibilità; tutti i tipi sicuri contro correnti vaganti; accensione a condensatore					4 A	7-10 A	
	IA 3 B (anti cariche eletrostatiche, tutti i tipi sicuri fino a 25 KV: accensione normale)					0,18 A	0,5 A	
FRANCIA	H 45 innesco normale . . .				1,75	0,35 A	1 A	
	HI innesco sensibile				0,05	7,0-7,5 A	10-15 A	
	AST innesco antistatico (filo a contatto con involucro, isolamento esterno)							
	AST HI antistatico insensibile							
	S sismico subacqueo tropicale, fino a 7 atm. ritardo 1 ms						4 A	
	ISTANTANEI	Al						
	ISTANTANEI ANTIGRISOU .	Cu						
	RITARDATI	Al	10	0,5 s	1,7-2,5			
	MICRORITARDATI	Al	15	25 ms				
	MICRORITARDI Herylox (ossigeno liquido)	Al + legno						
	ANTIGRISOU	Cu						
	V.A. ISTANTANEI				3,5	1,3 A	3,5 A	80-140
	V.A. RITARDATI		12	0,5 s	3,5			
	V.A. MICRORITARDATI . . .		20	25 ms	3,5			
	V.A. ANTISTATICI, NORMALI .							

TABELLA 72
INTENSITA' DELLA CORRENTE DI ACCENSIONE
al di sotto della quale non si ha certamente accensione del detonatore.

Tipo di detonatore	Intensità della corrente di accensione		
	Nessuna accensione fino a	Accensione sicura per collegam. in serie	Tempo di reazione 1 m/s a partire da
Detonatore normale . .	0,18 A	0,8 A	
Detonatore sismico . .	0,18 A		1,5 A
Detonatore U insensibile .	0,45 A	1,5 A	
Detonatore sismico elettrostaticamente sicuro . .	0,45 A		5 A
Detonatore HU altamente sensibile	ca. 4 A	25 A	

TABELLA 74
IMPULSO DI ACCENSIONE
al di sopra della quale si ha certezza dell'accensione del detonatore.

Tipo di detonatore	Impulso di accensione	
	Nessun accenno fino a	Accensione sicura da
Detonatore a sensibilità normale	0,8 m Ws/Ω	3 m Ws/Ω
Detonatore Sismico	0,8 m Ws/Ω	3 m Ws/Ω
Detonatore U insensibile . . .	8 m Ws/Ω	16 m Ws/Ω
Detonatore sismico elettrostaticamente sicuro	8 m Ws/Ω	16 m Ws/Ω
Detonatore HU altamente insensibile	1100 m Ws/Ω	2500 m Ws/Ω

CAPITOLO TERZO

LA BOMBA ATOMICA

A semplice titolo di curiosità riporterò, per quanto non si conoscano i particolari sulla sua costruzione a causa del segreto militare, alcune notizie su tale terribile arma che fu studiata e fabbricata negli Stati Uniti e precisamente a Los Alamos nel Nuovo Messico sotto la direzione di J.R. Oppenheimer e provata il 10 luglio 1945 in una recondita e deserta valle degli Stati Uniti e precisamente nel deserto di Alamagordo. Per giungere alla bomba atomica bisogna andare a ritroso di qualche anno nel tempo. Tra il 1925 e il 1930 molti illustri fisici americani, tedeschi ed anche italiani, ebbero la certezza che nel nucleo degli atomi delle sostanze radioattive esistevano formidabili energie che, in seguito ad esplosione naturale, si sprigionavano con espulsione di elettroni ed atomi di Elio.

Si presentò allora il grande problema che qualora si fosse trovato il sistema capace di trasformare l'Uranio in Piombo nello spazio di qualche minuto anzichè nel corso di quattro miliardi di anni, l'umanità avrebbe trovato una formidabile fonte di energia. Si provò quindi a scagliare nuclei di Elio velocissimi su un altro nucleo, frantumandolo e trasformandolo quindi artificialmente nel nucleo di un altro elemento. Tanto per dare un'idea delle grandezze di tali elementi, basti pensare che il raggio di un *atomo* è dell'ordine di un centesimo di milionesimo del centimetro, che un *elettrone* ha dimensioni pari ad un centomillesimo di un atomo ed il *protone* ad un centomilionesimo. Per raggiungere il peso di un grammo occorre una quantità di elettroni espresso dal numero undici seguito da ventisei zeri.

Per operare il « bombardamento » dei nuclei, Lawrence ideò il *ciclotrone*, una specie di cannone ultrapotente per bombardamenti nucleari del peso di circa tremila tonnellate. Il bombardamento che è silenziosissimo si rivela soltanto con il bagliore di un raggio violaceo (una specie di fulmine artificiale), capace di vaporizzare un metallo in

pochi secondi, e di scagliare contro l'atomo, in un secondo, miliardi di proietti atomici velocissimi.

Per circa dodici anni le esperienze si fecero soltanto in laboratorio ed anche i tecnici più ottimisti prevedevano molto lontano l'impiego di tale energia. Ma la guerra accelerò tale fatale, se così si può chiamare, conquista.

Infatti Joliot e la sua Scuola in Francia, il nostro Fermi premio Nobel nel 1938 ed altri illustri fisici degli Stati Uniti, avevano osservato frattanto che la « fissione » o, come altri la chiamano, la « scissione» del nucleo dell'Uranio bombardato con neutroni in due frammenti di masse quasi uguali, era accompagnata da emissione di neutroni (circa quattro per ogni fissione), i quali potevano produrre ognuno la scissione di altri nuclei e così via, dando inizio ad una reazione a catena, capace di provocare in brevissimo tempo, la scissione di tutti i nuclei di uranio presente purchè le dimensioni del sistema fossero abbastanza grandi, in modo che i neutroni secondari non fuggissero dalla massa senza scindere altri nuclei.

E' precisamente una tale reazione a catena che viene utilizzata nella bomba atomica, in cui la sostanza che subisce la fissione è l'Uranio 235.

Da un nucleo di Uranio si liberano 170 milioni di elettroni-volts (un elettrone volts = $1,59\text{-}10^{19}$ joule), di cui 150 rappresentano l'energia cinetica dei due frammenti e i rimanenti 20 sono emessi sotto forma di irraggiamento.

Al momento dell'esplosione l'energia cinetica dei frammenti si comunica al mezzo ambiente, provocando, se nell'aria, un enorme sbalzo di temperatura, una grande variazione di pressione ed un intensissimo flusso di energia raggiante, sovrapponendosi a quella emessa direttamente cagionante gli incendi e le distruzioni. Basti pensare che la bomba lanciata su Hiroscima il 6 Agosto 1945 distrusse ogni cosa nel raggio di un miglio, e quella lanciata su Nagasaki il 9 Agosto fece il vuoto nel raggio di oltre 600 metri provocando 66000 morti nella prima città e 39000 nella seconda. Molti che pur non morendo subito, rimasero contaminati dalle radiazioni, furono in seguito colpiti da leucemia o malattie similari, e morirono purtroppo dopo qualche anno. C'è da augurarsi quindi che la fisica atomica che ha preso tanto sviluppo nell'ultimo trentennio negli Stati Uniti, in Russia, in Francia, Gran Bretagna e in India, in Cina, riesca ad utilizzare l'energia atomica non per la distruzione di intere città e forse dell'umanità, ma che trovi il sistema di utilizzarla per la produzione dell'energia termica e dell'energia elettrica per le industrie.

PARTE SETTIMA

MICCE ED ARTIFICI AD ACCENSIONE PER MINE

CAPITOLO PRIMO

MICCE

Dopo i detonatori ritengo necessario scrivere qualcosa sulle micce in genere e sui mezzi di accensione adoperati dai minatori.

Le micce servono per comunicare agli esplosivi la fiammata per farli esplodere sia senza detonatore, come è il caso della polvere nera e degli esplosivi a base di nitrocellulose macinate e balistiti, sia con detonatore come è il caso di tutti gli altri esplosivi da mina con e senza nitroglicerina, in quanto il detonatore viene fatto esplodere proprio dalla miccia come si vedrà nelle figg. 152-153-154.

Le micce si suddividono in due tipi principali:

a) Micce ordinarie a lenta combustione

b) Micce detonanti.

MICCE A LENTA COMBUSTIONE

Esse sono cilindriche somiglianti ad una corda, fabbricate generalmente col metodo Fritsche, costituite da un'anima di polvere nera detta « **Polverino** » che si ricava mediante accurati setacciamenti dalla polvere nera con opportune correzioni onde avere la velocità richiesta.

Qualche ditta, invece di adoperare la polvere nera, si serve di altre miscele tra le quali la seguente:

Nitrato di potassio	60%
Carbone di faggio	25%
Carbone di canapa	5%
Ossido di ferro	10%

L'anima della miccia è generalmente chiusa da due nastri di cellophan o di apposita carta, indi raccolta con due, tre o più coperture di fili di juta.

Nella fabbricazione della miccia, oltre al polverino, hanno molta importanza i filati, la carta, e una volta, per quelle impermeabili, la massa impregnante composta generalmente dal 90% di catrame con punto di fusione 90-95° e 10% di cascame di gomma macinata che veniva fusa a fuoco diretto e impastata in apposita caldaia a caldo sotto pressione a 3 atm. Ora, come vedremo, tale tipo di miccia è plasticata e quindi molto più semplice.

In commercio, in Italia, esistono i seguenti tipi principali di micce a lenta combustione e cioè:

Miccia comune a due coperti, con due rivestimenti a fili di juta, uno inversamente all'altro ed una catramatura esterna, che viene poi passata in talco per evitare che si appiccichi. Questa serve per lavori all'asciutto.

Miccia extra a tre coperti e cioè con tre avvolgimenti di juta e doppia catramatura che è la più usata in quanto si può adoperare in ambienti umidi o bagnati e il suo prezzo è poco superiore alla miccia comune.

Miccia impermeabile in guttaperga, sostituita ora da quella plastificata, la quale oltre ai tre strati interni di juta e catrame, ha un rivestimento in guttaperga o in plastica assolutamente impermeabile all'acqua. La formula della polvere racchiusa nelle micce, varia da ditta a ditta, ma, come già detto, è presso a poco quella della polvere nera da mina e cioè:

Nitrato di potassio	70%
Solfo	12%
Carbone	18%

che generalmente viene corretta, in caso di necessità da un'altra della seguente formula:

Nitrato di potassio	77%
Solfo	10%
Carbone	13%

avente una velocità di circa 140" al metro lineare.

E' risaputo però che la velocità e la pressione della polvere nera varia da lotto a lotto a seconda del carbone adoperato, della finezza dei componenti, dell'umidità, ecc.; per cui fatta la media dei lotti si fa una miscela fino ad ottenere la velocità desiderata.

E' da notare che da 100 Kg. di polvere nera, si possono ricavare solo, dopo accuratissimo setacciamento, 30-35 Kg. di polverino per micce.

La quantità di polvere nera in un metro lineare di miccia è di circa 5 gr.

La velocità può variare, pur con la stessa formula, per le ragioni esposte sopra, da 108 a 120" e fino a 140" per metro lineare, salvo poi fare le dovute correzioni, o mescolando lotti di velocità diverse, fino ad

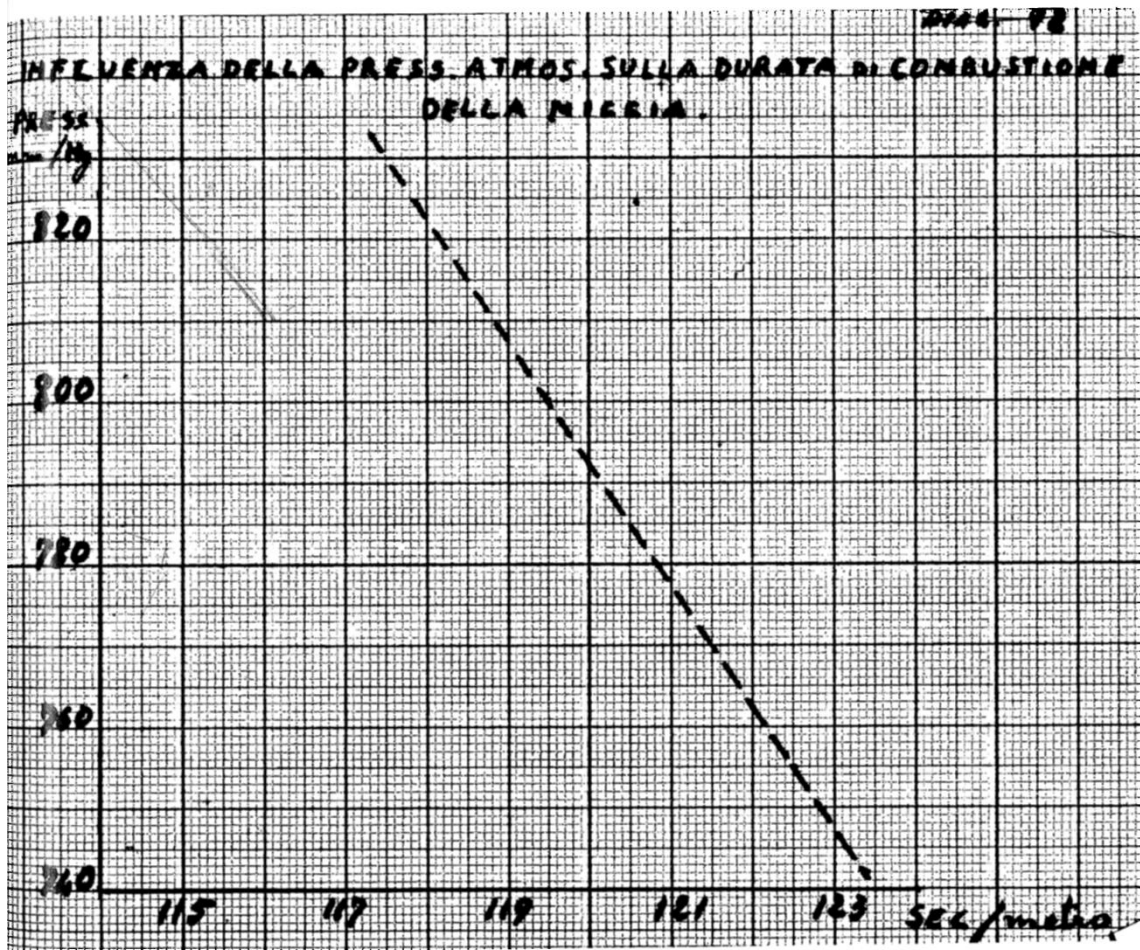
avere una velocità che in Italia deve essere per legge di 120'' il metro con tolleranze di ± 10'' per metro.

Gli enti militari, oltre alle velocità sopra scritte, pretendono per spolette ed altri artifici velocità più alte o più basse, graniture particolari e gradi di umidità molte volte non facili da ottenere.

Come si può arguire, la lavorazione dei diversi polverini e di alcune polveri nere non è facile e più difficile ancora è il trovare il carbone adatto.

La densità gravimetrica da non confondersi con quella di caricamento che si riscontra nel polverino specialmente per micce, varia da 0,930 a 0,950 e *le pressioni* da 250 a 300 atm.

La miccia a lenta combustione viene venduta in Italia in rotoli da 10 e da 100 m. In alcuni paesi si vendono addirittura gli spezzoni di miccia da m. 1-1,20 - 1,60-2 muniti di detonatori già pronti per l'uso.

DIAGRAMMA 12

Influenza della pressione atmosferica sulla durata di combustione della miccia.

COME DEVONO ESSERE USATE LE MICCE A LENTA COMBUSTIONE

Ogni volta che ci serviamo della miccia a lenta combustione, sarebbe bene tagliarne 5 cm. onde evitare che il capo possa essere umido, ed inoltre è consigliabile tagliarla a squadra con le apposite pinze in modo di essere ben sicuri che poggi bene sull'opercolo.

Nel caso che la miccia venga adoperata per polvere nera o per esplosivi fatti con polveri di lancio, allora occorre, prima di immergerla nella polvere nera, inciderla lateralmente in modo che la polvere non venga accesa da un solo dardo finale ma da più dardi (fig. 58).

Principali caratteristiche di una miccia a lenta combustione

1) Velocità = 120-125" m/l.

2) Diametro = 5-6 mm.

3) Tempo combustione = regolare. Varia leggermente con la pressione atmosferica (diagramma 12).

4) La combustione deve essere esente lateralmente da spruzzi di fuoco o di scintille che possono diventare pericolose nelle miniere di solfo.

5) Sicurezza d'innescamento e ottimo dardo.

6) Un cm. di tronco di miccia posto sotto un peso da 100 Kg. non deve accelerare la velocità di combustione oltre i 15" per metro.

7) Deve fare poco fumo.

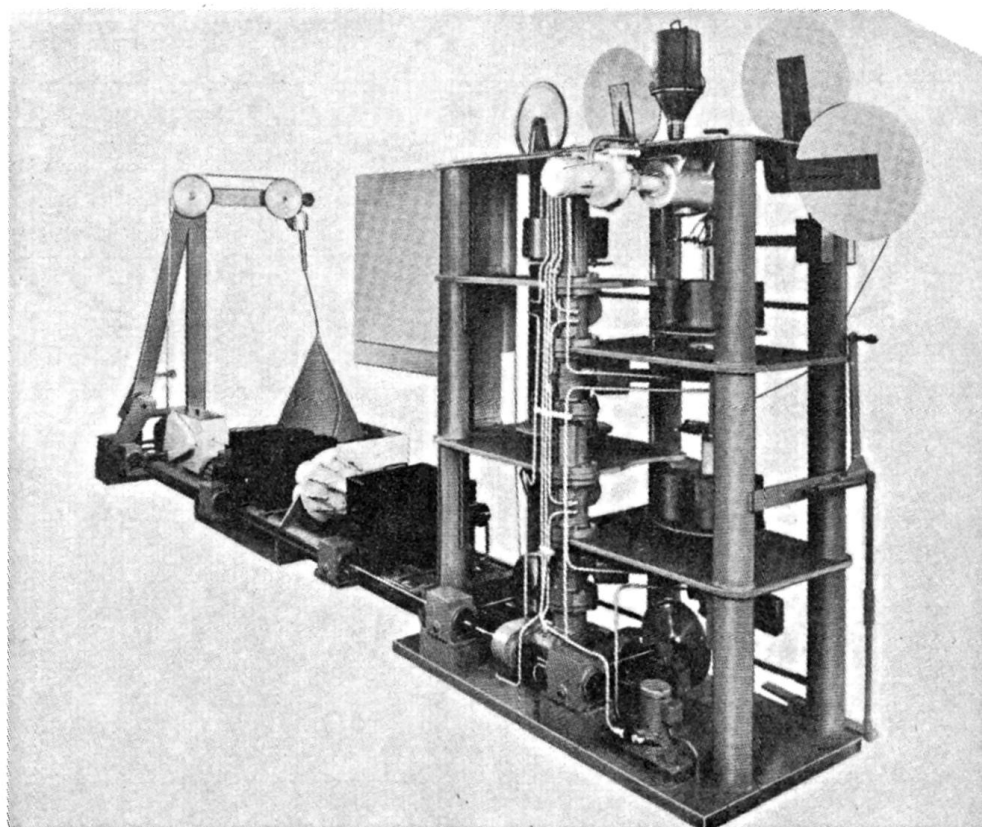



FIG. 150 - Macchina per la fabbricazione della miccia.

FIG. 150 A

Macchine moderne per la fabbricazione della miccia detonante.

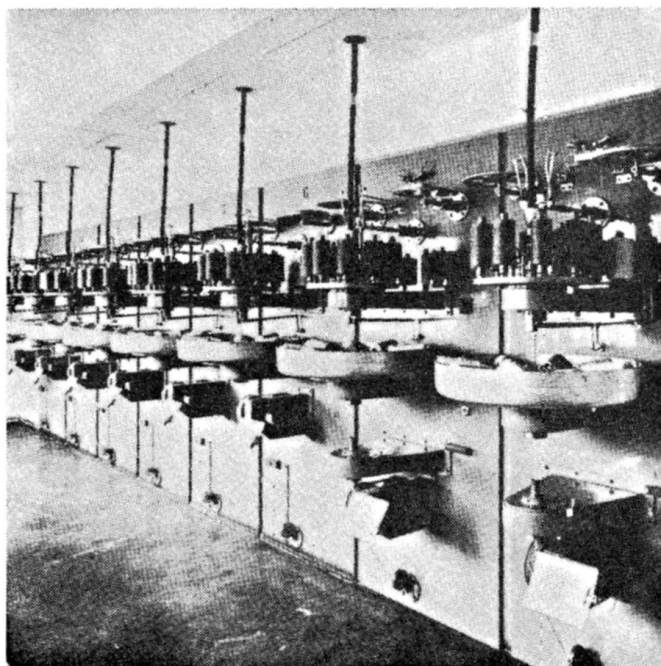
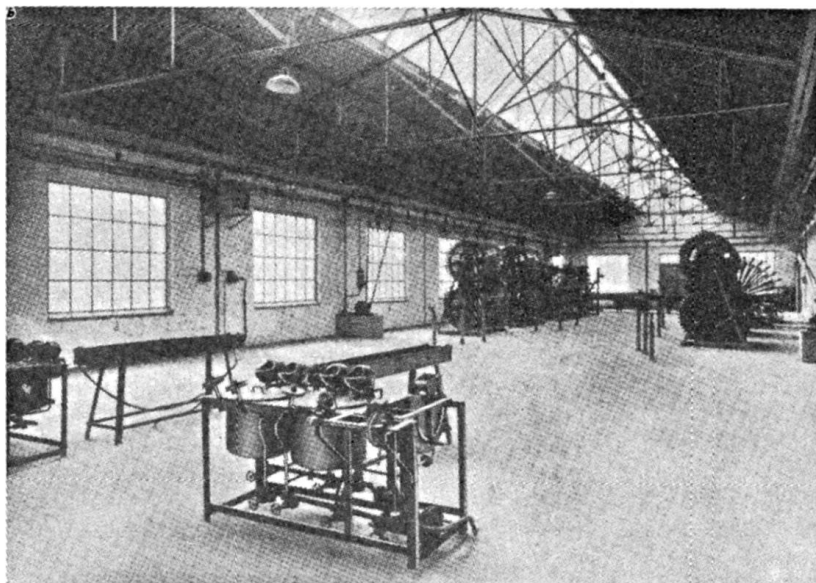



FIG. 150 B

Locali per la fabbricazione della miccia a lenta combustione.

MICCIA IMPERMEABILE

La miccia impermeabile oltre ad avere tutte le caratteristiche della miccia normale, deve avere almeno 4 ore di resistenza in acqua, lasciando naturalmente i due estremi fuori. Dopo tale permanenza deve bruciare ancora regolarmente.

La fabbricazione di una buona miccia è una cosa abbastanza complicata.

Occorrono macchine ottime (fig. 150-150 A), grandi locali (fig. 150 B) e una continua e attenta sorveglianza nella fabbricazione. Ritengo opportuno ricordare che molte disgrazie di cui sono vittime i minatori, oltre alla confidenza che prendono con l'esplosivo, possono essere dovute al cattivo funzionamento della miccia, quindi occorre che questa sia di ottima qualità, trattata con le dovute precauzioni, conservata in luoghi asciutti e adoperata della lunghezza giusta. Nella fabbricazione, particolare attenzione va fatta alla scorrevolezza del polverino.

Per misurare la velocità di combustione di una miccia, è sufficiente tagliarne un metro e vedere quanto impiega per bruciare.

E' da notare che in Italia, in conformità all'articolo 28 del decreto del Presidente della Repubblica 19 Marzo 1956 n. 302 (norme prevenzione infortuni) la miccia deve essere controllata prima dell'uso.

MICCE DETONANTI

Le micce detonanti servono essenzialmente per far esplodere contemporaneamente diverse cariche e qualche volta per aumentare la potenza del detonatore nei così detti esplosivi sordi. Per farle detonare però occorre sempre un detonatore, che, a sua volta, deve essere innescato o elettricamente mediante gli esploditori già menzionati (fig. 146), o con miccia a lenta combustione.

Micce detonanti, come già accennato in precedenza, ve ne erano di diversi tipi ed ecco i principali:

Miccia detonante all'acido picrico - Era costituita da un tubo di stagno trafilato del diametro esterno di mm. 4,8 contenente ac. picrico polverulento compresso. La velocità di detonazione era di circa 5000 m/s.

Miccia detonante al fulminato - Era costituita da un'anima di quattro fili di cotone impregnati di fulminato di mercurio nella proporzione di gr. 8 per metro per la miccia militare e di gr. 4-5 per uso civile. La sensibilità del fulminato veniva attenuata mediante adatte sostanze flemmatizzanti. I quattro fili erano chiusi in un nastro di cotone ravvolto da numerosi fili intrecciati a spirale e chiusi in una fascia pure di cotone. Durante la fabbricazione il cordoncino veniva impregnato di un miscuglio di cera ad alto punto di fusione che ne assicurava la perfetta impermeabilità e la sicurezza del maneggio. Si presentava sotto forma di un cordoncino flessibile di color giallo chiaro, portante un filo rosso a spirale, del diametro di circa 5 mm. La sua velocità si aggirava sui 5500 m/s.

Miccia detonante al tritolo - Era confezionata come quella all'acido picrico. La sua velocità si aggirava sui 4500 m/s ed era chiamata anche cordone Bickford.

Miccia alla pentrite - Quest'ultima è ormai di uso comune ed ha soppiantato tutte quelle descritte precedentemente. Si adopera sia per uso civile che militare. Ha un diametro di mm. 6 e contiene, per uso civile, gr. 10-11 di pentrite per metro lineare e per uso militare gr. 15 e oltre. Deve essere molto flessibile poichè diversamente c'è il pericolo che si rompa il rivestimento polivinilico con fuoruscita di pentrite, assorbimento di umidità e quindi interruzione allo sparo.

Dall'interno all'esterno la miccia si compone di un'anima di pentrite

cristallina avvolta in una speciale carta di avvolgimento tipo cellophan o in altra carta sottile. A questa segue una prima copertura avvolta a spirale, seguita da una seconda in senso inverso alla prima e da una terza in senso uguale alla prima e quindi la viplatura. Alcune ditte avvolgono la miccia in sole due spirali e la viplano. Anche qui il sistema di fabbricazione è il Fritsche come per la miccia lenta.

Fabbricazione della miccia alla pentrite.

La pentrite essiccata in apposito essiccatoio, viene accuratamente setacciata mediante un setaccio con presa a terra, quindi messa nei dosatori della macchina che fa la miccia grezza, la quale viene raccolta su bobine da cui passa ad una trafilatrice che la riveste a caldo con resina polivinilica.

Una cosa estremamente importante è il controllo dell'umidità della pentrite che si adopera, la quale non deve essere superiore al 0,1% e molto scorrevole; i filati devono essere perfettamente asciutti e così pure la carta.

Naturalmente, durante la fabbricazione, viene verificato automaticamente, mediante appositi apparecchi tra cui anche i raggi X applicati alla stessa macchina bobinatrice (nel qual caso occorre l'aggiunta alla pentrite di piccole quantità di ossido di piombo che la rende opaca), se la quantità di pentrite nella miccia è costante, cosa importantissima poichè diversamente si avrebbero interruzioni che, oltre ad essere controproducenti, potrebbero diventare pericolose allo sparo.

La sua velocità è di circa 6000-6500 m/s misurata col metodo Dautriche. Da esperienze fatte, ho constatato che per le micce in commercio sul mercato italiano, tali velocità variano tra loro meno del 10%.

Durante la fabbricazione occorre provare spesso degli spezzoni onde accertarsi della loro esplosione regolare e completa e senza interruzioni.

AVVERTIMENTI SULL'IMPIEGO DELLA MICCIA DETONANTE

Una cosa importantissima e che purtroppo non sempre viene presa in considerazione, è la cura particolare che si deve avere per questa miccia che non deve essere contorta o maltrattata. **Va collegata sempre in modo che la direzione dell'onda esplosiva parta dal detonatore e non subisca cambiamenti bruschi. I collegamenti così detti « rovesci », cioè non nello stesso senso dell'onda esplosiva, danno luogo generalmente alla tranciatura della miccia senza ottenerne l'esplosione completa.** E' opportuno che le micce vengano collegate tra loro con nastro adesivo o legate come in figura 151. Anche l'annodamento è poco consigliabile. Prima di sparare occorre ricontrollare che tutti i collegamenti siano ben fatti e nel verso giusto onde non rovinare la volata (Vedi anche pag. 543).

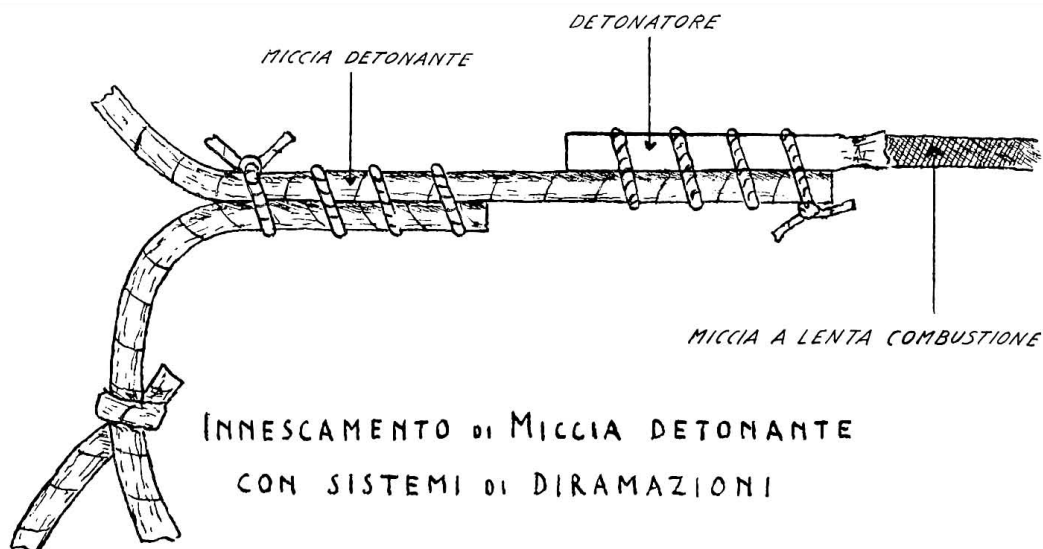



FIG. 151 - Innescamento miccia detonante e diramazioni.

ACCENDITORI IN BACCHETTE O ACCENDINI

Tali artifici devono essere tenuti all'asciutto, servono bene specialmente quando si devono accendere diverse micce.

Non sono altro che una miccia del diametro di mm. 5,5-5,6, tagliata nella lunghezza di 10 cm. a combustione molto lenta (circa 600" per m/l) e il cui polverino generalmente è composto di :

Nitrato di potassio	79,00%
Carbone di faggio	3,75%
Zolfo in polvere	17,25%

Tale miscela, bruciando, produce una fiamma viva che non si spegne nè per vento, nè per stillicidio. Le estremità della miccia devono essere tagliate di fresco o leggermente stuzzicate con le unghie onde favorire l'accensione che si può fare con qualsiasi fiamma e il minatore può accendere con facilità numerose micce anche in condizioni di tempo cattivo. L'involucro degli spezzoni si sgretola mano mano che brucia permettendo che la fiamma lunga e vivace rimanga per molto tempo

Esistono anche accenditori a strappo in cui una spiralina metallica sfrega contro una capsulina che produce un dardo sufficiente per accendere una miccia dopo averla infilata in un apposito tubetto.

RITARDI

Sono artifici di sicurezza per le mine e sono costituiti da un tronco di miccia della lunghezza che varia da 12 a 17 cm. alla cui estremità è applicato un raccordo di alluminio aperto da ambe le estremità, portante nel mezzo una gola d'arresto.

All'altra estremità del raccordo viene poi applicata la miccia a lenta combustione con la normale carica per una mina.

La miscela di polverino generalmente è composta di:

Nitrato di potassio	60,000%
Carbone canapa	0,400%
Zolfo polvere	19,800%
Farina sughero impalpabile . .	19,800%

Diametro della miccia mm. 5,5-5,6. Tempo di combustione del polverino 500" per m/l.

MICCIA ISTANTANEA O A RAPIDA COMBUSTIONE

E' di fabbricazione abbastanza recente ed è molto simile ad un tipo di miccia inglese. E' formata di tre stoppini imbevuti in una speciale sostanza collosa. Ogni stoppino è immerso in polvere nera e fasciato esternamente con fili di canapa imbevuti di catrame.

I tre fili insieme sono poi rivestiti esternamente da una guaina di vipla o da altra materia plastica o isolante.

La particolarità di tale miccia è quella di avere una velocità di 50-60 ed anche 100 m/s. ed è usata specialmente dal Genio militare per far brillare contemporaneamente più mine.

RACCORDI PER MICCIA DETONANTE

Visto il buon esisto dei detonatori elettrici a microritardo si è pensato di impiegare ritardi anche per le micce detonanti.

Infatti sono stati immessi sul mercato, ma fin'ora non molto usati, dei raccordi o relais, collegabili alle micce detonanti come dei comuni detonatori contenenti una carichetta di trasmissione di durata brevissima (per es. 33/1000 di secondo).

Tale sistema si è dimostrato utilissimo nel brillamento di mine in più serie successive.

PARTE OTTAVA

IMPIEGO DEGLI ESPOSIVI DA MINA

CAPITOLO PRIMO

CARICAMENTO DELLE MINE

GENERALITA'

Dopo la descrizione della fabbricazione e della composizione degli esplosivi da mina, dei detonatori e delle micce, credo opportuno esporre molto succintamente il loro impiego e le principali norme per il loro uso.

Che cosa è una mina - Generalmente per mina si intende una determinata quantità di materie esplosive, munita di mezzi per l'accensione, disposta nell'interno oppure a contatto di un corpo o mezzo qualsiasi allo scopo di produrre, mediante l'esplosione, demolizione o rotture o danneggiamenti.

Gli esplosivi da mina usati a tale scopo e dei quali si è parlato sono:

a) gli esplosivi alla nitroglicerina gelatinosi o polverulenti e contenenti nitrato ammonico o sodico;

b) gli esplosivi al clorato o al perclorato;

c) il Tritolo;

d) miscugli di tritolo e nitrato ammonico detti « amatoli »;

e) miscugli di tritolo, T_4 o pentrite generalmente fusi;

f) balistiti o nitrocellulose;

g) polvere nera.

Prima precauzione da prendere dovendo lavorare in galleria è quella di assicurarsi che l'esplosivo sviluppi ossigeno, e che quindi sia composto per galleria: diversamente si corre il rischio di gravi inconvenienti e disgrazie anche gravissime ai minatori, specialmente nel caso di non buona ventilazione nelle gallerie stesse.

Come abbiamo detto, per provocare l'esplosione, *occorrono i mezzi*

di accensione costituiti generalmente da micce, capsule inneschi, detonatori, conduttori elettrici, esploditori, ecc.

E' impossibile enumerare tutti i casi in cui conviene usare le mine. Alcune, anche di carattere militare, se pur brevemente, le vedremo in seguito, poichè tali lavori riguardano anche la difesa della nazione.

Oltre alla rapidità, le mine danno anche un non indifferente vantaggio economico e questo sarà tanto maggiore quando si avrà a che fare con materiale compatto e duro, la cui demolizione a mano importerebbe una spesa assai forte, poichè il maggior costo di mano d'opera è molto superiore a quello degli esplosivi, mezzi d'accensione, ecc. Tanto per citare un caso, consideriamo le mine per lavori stradali. Queste non solo ci danno modo di eseguire rapidamente lo sbancamento di una sede stradale mandando a valle anche i sassi smossi, o la perforazione di una galleria, ma ci danno anche un materiale per fare altre costruzioni (case, muri, argini, moli, ecc.).

Naturalmente a seconda del materiale di cui abbisogniamo e cioè se pietre grosse o piccole, o massi di grosse dimensioni o marmi, e a seconda della qualità del terreno e cioè, se compatto o fessurato o schistoso o misto, occorrerà l'esplosivo adatto e cioè più o meno dirompente o progressivo o resistente all'umidità.

Il saper scegliere l'esplosivo adatto e di minor costo spetta ai tecnici esplosivisti i quali, secondo il mio punto di vista, dovrebbero essere interpellati dagli impresari, con loro grande vantaggio, anche durante il corso dei lavori.

BREVI CENNI SUL CARICAMENTO DELLE MINE

Petardi o mine ordinarie - Sono quelle di uso corrente nei lavori di abbattimento in cava e in miniera, nello scavo di gallerie, pozzi, per lavori di sbancamento stradale, ecc. Esse consistono in un foro cilindrico, ottenuto perforando il materiale da demolire, dopo aver ben ponderato la profondità alla quale si deve giungere, la direzione, il punto di attacco che va preparato in modo da poter lavorare con comodità per la buona presa dell'utensile perforatore e per il successivo riempimento del foro stesso con l'esplosivo e col borraggio.

Mine trivellate - Hanno questa denominazione le mine aventi la camera costituita dalla estremità del foro cilindrico, piuttosto profondo, del diametro di pochi centimetri eseguito nella terra o nella roccia tenera per mezzo di una trivella di ferro. Per allargare la camera da mina, si fa esplodere in fondo al foro una piccola carica dopo aver leggermente intasato.

Mezzi di perforazione delle rocce - La perforazione può essere eseguita o a mano per lavori di poca importanza o meccanicamente per lavori di maggior rilievo.

Perforazione a mano - La perforazione a mano, ormai quasi abbandonata per ragioni di economia, se possibile, in cava si fa sempre dall'alto verso il basso per mezzo di un apposito strumento di acciaio chiamato **pistoletto.**

Se la profondità da raggiungere è di m. 0,70 di materiale roccioso o di m. 1 di materiale terroso, un solo operaio basta a reggere, sollevare e girare il pistoletto ed a manovrare la mazzetta con la quale percuoterà la testa. Se invece la profondità è superiore, allora occorrerà per la perforazione un'asta più lunga e di maggior diametro, chiamata **barramina.** Il lavoro dovrà essere compiuto da due uomini e cioè uno che manovri la barramina e uno che manovri la mazzetta.

Una coppia di minatori riesce a eseguire, in condizioni normali ed in roccia compatta di media durezza, un foro di 30-40 cm. in un'ora di lavoro. In pozzo e gallerie di limitato spazio il lavoro è naturalmente inferiore.

Nella perforazione a mano occorre pulire di tanto in tanto il foro fatto mediante un apposito strumento chiamato **nettamina** o **raspino** consistente in un tondino di ferro di 7-8 mm. di diametro, schiacciato sul fondo e ripiegato ad angolo retto in modo da dargli la forma di un piccolo cucchiaio a bordi taglienti del diametro di poco inferiore a quello del foro da mina. Fatto il foro e accertatisi che sia ben pulito, si carica l'esplosivo nel modo che diremo.

Perforazione meccanica - Tale perforazione è oggi la più usata in seguito anche ai continui progressi in tale campo; sia perchè è più veloce, sia perchè, qualora il lavoro venga disposto in modo da non esservi un lungo dispendio di condutture e quindi abbastanza concentrato, è molto più economico.

I mezzi per la perforazione meccanica che comunemente vengono adottati, consistono in vari tipi di *martelli perforatori pneumatici* detti anche *perforatrici ad aria compressa* del peso di 18 Kg. circa sempre manovrati a mano da un solo minatore che deve essere munito di maschera antipolvere, e da vari tipi di motocompressori d'aria di varia potenza, cioè:

leggeri . . . azionanti un martello perforatore
medi . . . . azionanti due o tre martelli perforatori
pesanti . . . azionanti quattro o più martelli.

Attualmente sono in commercio macchine perforatrici a più martelli che, specialmente in galleria, avanzano facendo contemporaneamente diversi fori, accelerando in modo molto considerevole il lavoro.

Occorre tener presente che i compressori devono essere situati in luoghi freschi e al riparo da fumi e specialmente da polveri. L'aria deve essere aspirata dall'esterno. Qualora vicino al compressore vi siano forge, forni, impianti di frantumazione, ecc., è necessario installare un filtro sull'aspiratore.

I martelli sono a rotazione automatica del **fioretto** che non è che un pistoletto o barramina di forma circolare o esagonale o ottagonale provvisto di un foro assiale attraverso il quale passa un soffio di aria per la pulitura del foro, o un getto d'acqua che aumenta l'avanzamento del fioretto e l'asportazione dei detriti e perchè, raffreddando la rosa dei fioretti, ne conserva più a lungo gli spigoli taglienti.

I fioretti normali sono in acciaio forato con impugnatura quadrata

e tagliente a rosa, a sei o a quattro punte a croce. Quest'ultimo tipo è più usato perchè più facile a forgiarsi. Di rose ve ne sono di diversi diametri. Esse prima andavano dai 22 ai 40 mm. ma ora vi sono delle trivelle che possono fare dei fori anche di 100 mm. per grosse cariche. Queste sono le più usate per ragioni di economia.

Il lavoro delle perforatrici consta di tre movimenti principali:

a) **movimento di percussione** dell'utensile, determinato dal lancio della massa percotente verso il fronte di attacco e dal suo ritorno alla posizione iniziale di partenza.

b) **movimento di rotazione**, impresso all'utensile durante la corsa di ritorno al fine di evitare che il fioretto si incastri nel foro da mina specialmente quando si trovano rocce fessurate, e di assicurare l'esatta calibratura del foro stesso.

c) **movimento di avanzamento** dell'utensile, realizzato mediante il progressivo spostamento in avanti della macchina, durante l'approfondimento del foro.

Con i mezzi meccanici sopraddetti, si realizza una velocità effettiva di perforazione che si può ritenere, in media, almeno dieci volte superiore a quella che si può ottenere con i mezzi manuali.

Un martello normale avanza in roccia piuttosto dura, in media dai 5 ai 10 cm. al minuto primo. Inoltre i martelli partecipano attivamente all'aereazione delle gallerie; se montati su cavalletti offrono la possibilità di aumentare fino a 6 cm. ed anche più, il diametro dei fori. Questo sistema è importante perchè elimina l'inconveniente di avere, in caso di esplosivi deboli caricati in fori stretti, una lunghezza di fori esagerata.

MODO DI OPERARE

Preparazione dei fori e delle cariche - Lo scopo da raggiungere, quando si vuol fare esplodere una mina, è quello di ottenere il massimo effetto utile asportando o frantumando la maggior quantità di materiale con il minor lavoro e la minor quantità di esplosivo possibile.

Per ottenere questi scopi specialmente dove si impiegano petardi, occorre curare con la massima attenzione la disposizione delle cariche e l'esecuzione di fori che, come ho già accennato, in cava è bene siano sempre praticati dall'alto verso il basso essendo facilitata così, sia la perforazione che il caricamento. Normalmente la carica occupa da 1/3 ad 1/4 della lunghezza. Quest'ultima misura non è consigliabile in quanto l'intasamento viene ridotto al minimo.

Il caricamento di una mina cosidetta a petardo presenta qualche difficoltà, occorre quindi attenzione e pratica. Darò in breve alcune norme principali per tale lavoro. Fatto il foro da mina, considerando che il lavoro venga eseguito in luogo asciutto, secondo le regole fondamenali che dirò in seguito, occorre pulire molto accuratamente il suo interno, anche se si è adoperato il martello ad aria compressa, mediante l'apposito **nettamine** o **raspino**, quindi introdurre l'esplosivo

possibilmente in cartucce, in quanto introducendolo sciolto, possono sporcarsi le pareti del foro e dare origine, durante l'intasamento, ad incendio e relativo scoppio prodotto dallo sfregameno dell'asta, anche se di legno o di alluminio con punta di rame o di bronzo, detto **calcatoio,** contro le pareti del foro stesso. Naturalmente a seconda che si lavori all'asciutto o all'umido occorrerà adoperare l'esplosivo adatto, e precisamente per lavori all'asciutto qualsiasi esplosivo è buono, mentre invece per lavori all'umido o addirittura in acqua, occorrono esplosivi poco sensibili all'umidità come i gelatinosi in genere o tritolo, T_4, pentrite o loro miscugli fusi o compressi. Qualora si vogliano adoperare esplosivi a base di nitrati o clorati in luoghi umidi, occorre che le cartucce siano confezionate o con doppio involucro di carta paraffinata o con astuccio metallico o con sacchetto di politene, in modo che l'umidità non possa intaccare l'esplosivo.

Fatto il lavoro di caricamento del foro, occorre introdurre la cartuccia con l'innesco. **Per fissare la miccia al detonatore, molti minatori usano adoperare, invece dell'apposita pinza, i denti, sistema pericolosissimo che dovrebbe essere rigorosamente vietato.** La miccia deve avere una lunghezza tale che l'incaricato della accensione o **fochino,** possa allontanarsi dopo l'accensione, con tutta comodità. Come detto in precedenza la miccia a lenta combustione ha una velocità di combustione di 115-120" per metro.

Preparato il detonatore con la miccia, occorre introdurla nella cartuccia:

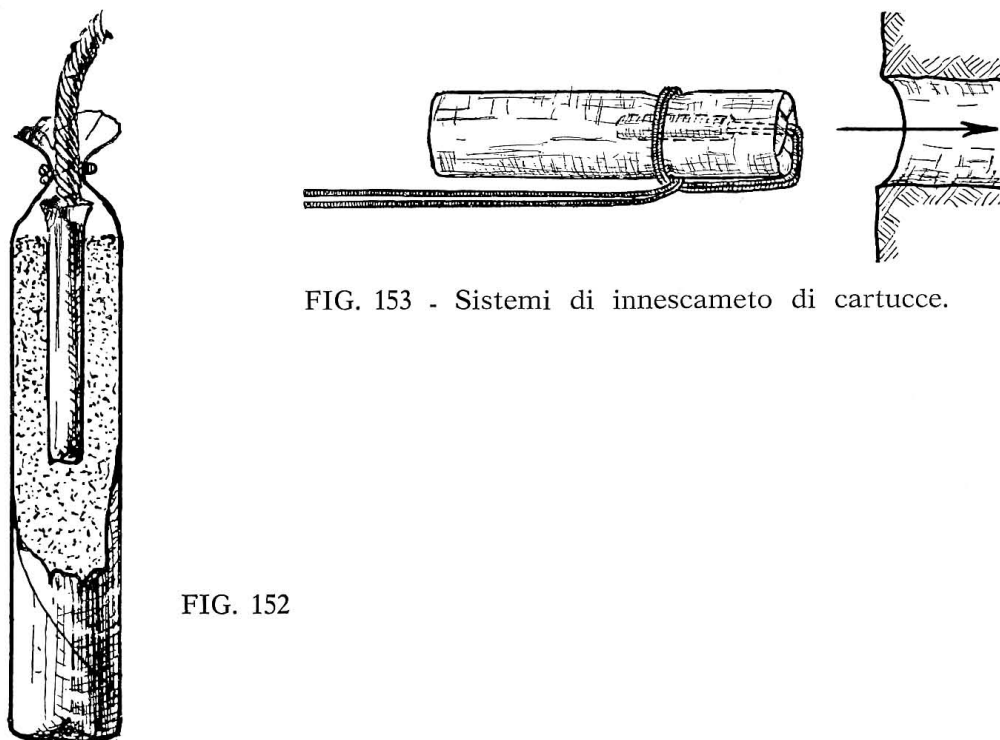



FIG. 153 - Sistemi di innescameto di cartucce.

FIG. 152

operazione che si compie facilmente. Usando esplosivi polverulenti, si ammorbidisce con le dita una estremità della cartuccia, aprendola e introducendo nell'esplosivo il detonatore per tutta la sua lunghezza; trattandosi invece di esplosivi gelatinosi, aperta la cartuccia, con un punteruolo di legno o di rame vi si fa il foro, e, ripiegati i bordi dell'involucro intorno alla miccia, si legano ad esso per mezzo di un sottile spago, (fig. 152) o altrimenti, si può annodare attorcigliando la miccia alla cartuccia stessa (fig. 153). Preparata così la cartuccia innesco, tenendo in mano il corpo libero della miccia, si lascia scendere nel foro. A questo punto

si introduce nel foro uno **stoppaccio** che può essere formato anche da un piccolo malloppo di carta e col calcatoio si spinge la cartuccia in modo che venga a netto contatto delle altre (fig. 154). Tale stoppaccio occorre introdurlo allo scopo di essere sicuri che il calcatoio non vada ad urtare il detonatore che potrebbe esplodere, e, nel caso di mancata esplosione, per rendere più sicuro lo scaricamento dei petardi. Fatte queste operazioni occorre intasare la mina. In alcuni casi, come vedremo più avanti è bene introdurre prima la cartuccia con l'innesco e poi l'esplosivo.

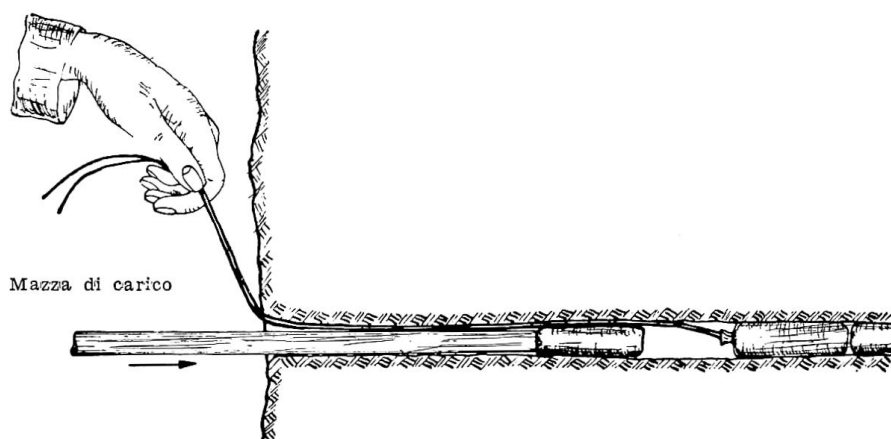



FIG. 154 - Caricamento di una mina.

L'intasamento o borraggio consiste nell'isolare dall'aria le cariche esplosive. Senza un buon borraggio i gas prodotti dall'esplosione sarebbero liberi di espandersi, perdendo così la loro violenza d'urto e producendo un'esplosione con scarso rendimento. Con un buon borraggio invece, i gas sono obbligati ad esercitare tutta la pressione sulle pareti del foro da mina e quindi a fare un ottimo lavoro.

Il borraggio generalmente si fa per circa 1/3 della profondità del foro.

Come già detto, l'operazione del borraggio è molto delicata poichè si agisce nel foro contenente la carica esplosiva innescata. Qualsiasi imprudenza può essere fatale e inoltre un borraggio malfatto e scarso, porta la mina a far **cannone,** cioè ad espellere, senza risultato, i mezzi d'intasamento; quindi deve essere fatto dal **fochino patentato.**

La scelta dei materiali d'intasamento va fatta molto accuratamente e cioè: evitare terre o sostanze che contengano grani duri o a spigoli taglienti che venendo ad urtare contro la miccia sotto la pressione del calcatoio, possano produrre danno alla miccia. **Un buon intasamento deve essere poroso in quanto non accelera la velocità della miccia; un intasamento molto compatto invece, da prove eseguite, può far aumentare la velocità di combustione della miccia anche del 50%.** Ottimo borraggio è quello dell'argilla umida, sabbia, terra priva di sassi, polvere di mattone, ecc. **Tanto più l'esplosivo è debole, tanto meglio deve essere fatto il borraggio,** il quale, in questo caso, sarà molto resistente. La lunghezza della miccia, dato l'aumento della velocità di combustione, deve essere tenuta abbondante.

Accensione elettrica per l'esplosione delle mine - Tale operazione, come abbiamo già accennato, è molto delicata e deve essere affidata

a persone di assoluta competenza. Prima di ogni cosa deve essere controllata la resistenza degli inneschi che nella stessa volata deve essere per tutti uguale onde evitare incidenti specialmente nel caso di applicazione in serie. Per tale verifica si adopera un *Hometro* (vedi fig. 148). Le precauzioni e la manipolazione per l'innescamento della cartuccia sono le stesse di quelle per i comuni detonatori. Tutti i conduttori è bene siano isolati. La linea può essere fissa o volante a seconda se il lavoro presenta carattere continuativo o no. Generalmente per maggior sicurezza, si usano cavetti speciali a doppio conduttore ben isolato in modo da evitare corti circuiti; tali conduttori si fanno correre lungo le pareti della galleria o attraverso il cantiere e distante dal luogo dell'esplosione per evitare danneggiamenti. Gli inneschi vengono collegati alla linea principale mediante un conduttore intermediario che deve essere dello stesso diametro di quello dei fili degli inneschi. L'in-

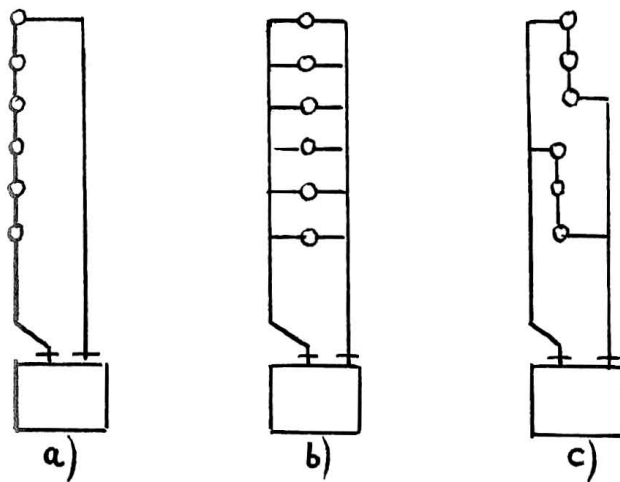



FIG. 155

Collegamenti di detonatori elettrici:
a) in serie,
b) in parallelo,
c) disposizione mista.

terruttore o l'esploditore si mette generalmente ad una distanza non inferiore ai 100 m. in modo che ci si possa riparare dagli effetti dell'esplosione.

Tre sono i sistemi per inserire gli inneschi nel circuito principale:

a) in serie (fig. 155a);

b) in derivazione o parallelo (fig. 155b);

c) a disposizione mista (fig. 155c).

Il più comunemente usato da imprese private è quello *in serie* (figg. 155a e 156), in cui, come è visibile, gli inneschi sono collegati tra loro e quelli estremi alla linea principale.

Il collegamento in *derivazione o parallelo* è usato specialmente nelle interruzioni di carattere militare.

Il collegamento *misto* non viene usato.

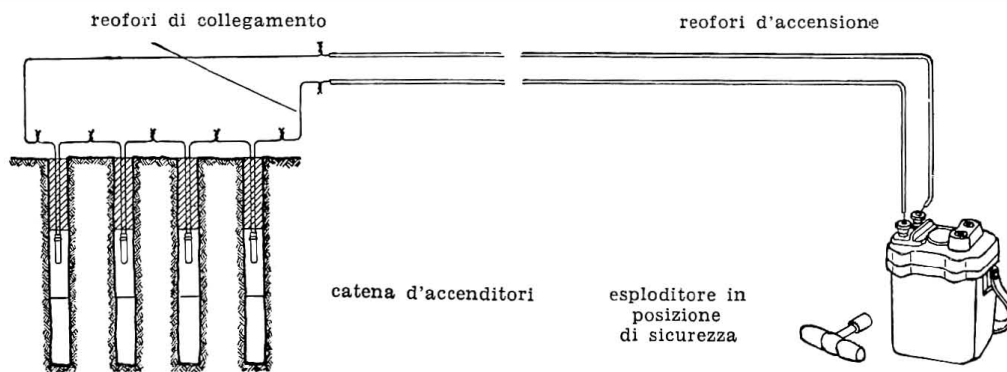



FIG. 156 - Inserimento di inneschi in serie.

Ritengo opportuno ricordare che gli attacchi e gli isolamenti devono essere fatti molto bene. I conduttori, per sicurezza, devono essere collegati all'esploditore all'ultimo momento dopo aver fatto allontanare tutto il personale.

Durante i temporali, accompagnati da scariche elettriche, è consigliabile togliere le comunicazioni tra i conduttori e le cariche elettriche o adoperare gli appositi detonatori antifulmine, denominati HU.

Grandi mine - Per le grandi mine il caricamento e l'intasamento sono ancora più complessi in quanto l'esplosivo viene introdotto generalmene in cassette o in massa entro grossi buchi dette **camere o fornelli.** In questo caso non vi è da riempire un semplice foro ma anche gli accessi che non hanno piccole dimensioni, essendo generalmente non inferiori a m² 0,5 e situati quasi sempre entro le pareti di gallerie della larghezza e dell'altezza di poco inferiore al metro. In più l'intasamento deve essere fatto in modo da garantire il migliore rendimento determinando gli effetti del brillamento in un senso piuttosto che in un altro, anche per non procurare danneggiamenti.

In questi casi l'intasamento migliore ed ordinario è quello di impiegare sacchetti di carta o di juta o cassette piene di terra o di sabbia, avendo cura, nel fare le cataste, di mettere i giunti sfalsati in modo di aver una massa uniforme e resistente. In questi casi l'esplosione viene provocata quasi sempre o con miccia detonante o elettricamente nel modo sopra detto.

Prima dello scoppio, occorre prendere le dovute precauzioni per lo sgombero della zona circostante. Se la carica che può arrivare a diversi quintali di esplosivo è ben proporzionata, si può ottenere lo scoscendimento di enormi massi di materiale o la frattura di materiale per un raggio molto esteso.

Altro tipo di intasamento è quello ad acqua da usare ovviamente solo per gli esplosivi non igroscopici e con mezzi di accensione appositi, cioè micce e detonatori resistenti all'umidità. Naturalmente, in questo caso, occorre che l'ultimo tratto dove va messo l'esplosivo sia inclinato o, meglio ancora, vi sia scavato un pozzo, nel quale si può usare anche l'**intasamento misto** cioè acqua, assito di legno, terra, sabbia, ecc.

Questo intasamento è usato specialmente per ricerche geofisiche in cui i fori, generalmente superiori ai 50 mm. di diametro, sono fatti dalle apposite trivelle perpendicolari al terreno. L'esplosivo è tutto impermeabilizzato o insensibile all'umidità e i detonatori sono confezionati appositamente elettrici ed impermeabili. La lunghezza di intasamento ovvero la distanza esistente tra il centro

della carica e il centro della figura della faccia limite esterna dell'intasamento, per le grandi mine, si considera la seguente:

Intasamento ordinario	lungh. = 1,30 h
Intasamento acqueo	lungh. = 1,10-1,15 h
Intasamento misto	lungh. = 1,15-1,20 h

in cui **h** = linea di minor resistenza di cui parleremo tra poco. *Una cosa da tener presente è che, tanto più l'intasamento sarà breve, tanto più dovrà essere robusto.*

IMPIEGO DELLA MICCIA DETONANTE NEL CARICAMENTO DELLE MINE

Come abbiamo già detto parlando della miccia detonante, essa è entrata in questi ultimi tempi molto in uso specialmente in cava, dove si fanno volate con molte mine i cui fori raggiungono diametri anche di 90-100 mm. e profondità di oltre 50 m.

Naturalmente tali fori vengono fatti con apposite trivelle munite anche di più martelli e il caricamento con cartuccioni dello stesso diametro, *a carica continua o a carica interrotta.*

A carica continua significa che il foro viene riempito per circa 2/3 di esplosivo o in cartucce o, come altri preferiscono, sciolto (fig. 160a).

A carica interrotta significa che tra una cartuccia e l'altra si può mettere un po' di borraggio onde risparmiare esplosivo come indicato nella fig. 160b.

In tutti e due i casi, se nel primo si tratta di mine profonde occorre aiutare l'esplosione con la miccia detonante che si attacca alla prima cartuccia di esplosivo più potente che si lascia scendere nel foro e poi lungo tutta la parete del foro. Se si tratta invece di mine profonde 2 o 3 m., a carica continua, e di un diametro di 25-30 mm. non è necessaria la miccia detonante, ma è sufficiente il detonatore e la cartuccia innesco introdotta per ultima.

CAPITOLO SECONDO

CALCOLO DELLE CARICHE NEI VARI GENERI DI MINE

A seconda della forma, le cariche si distinguono in:

a) *Cariche cubiche o concentrate;*

b) *Cariche allungate.*

Io mi limiterò in questo capitolo a descrivere soltanto le cose principali.

Se le cariche hanno una lunghezza superiore a quattro volte la grossezza si chiamano allungate, diversamente concentrate.

Esse possono essere internate nell'oggetto da distruggere o semplicemente applicate esternamente, tipo *cariche cave.*

Premetto che il calcolo delle cariche nei lavori di distruzione, per la difficoltà di poter fare un apprezzamento dei vari fattori, e cioè di esplosivo adoperato, intasamento, mezzo resistente, assorbimento del calore da parte del mezzo, ecc. che influiscono sui fenomeni esplosivi, è, specialmente nelle mine di grande potenza, molto complicato, per cui le formule inerenti al calcolo delle cariche danno valori approssimativi e che si possono modificare a seconda dei casi che si presentano. Occorre quindi molta pratica e, da quanto ho potuto constatare più volte anch'io, mantenersi sempre leggermente abbondanti nella carica dell'esplosivo, ma non esagerare specialmente se nelle vicinanze vi sono case, strade, ferrovie, ecc.

La formula che più generalmente viene adoperata per il calcolo delle cariche, è la seguente:

$$C = \alpha \ mh^3$$

dove:

C = peso dell'esplosivo che forma la carica in Kg.;

α = coefficiente dovuto alla qualità dell'esplosivo e quindi variabile;

m = coefficiente in base alla qualità del mezzo in cui la mina deve brillare;
h = linea di minor resistenza espressa in metri.

I valori di α che si attribuiscono ai vari esplosivi sono i seguenti:

Gelatina esplosiva	0,16
Balistite	0,20
Dinamon, ammonal ed esplosivi al nitrato ammonico in genere	0,22
Dinamite N.I., fulmicotone	0,23
Ac. picrico, tritolo, esplosivi al perclorato	0,24
Cordite	0,30
Cheddite	0,32
Polvere nera regolamentare	0,56

In caso l'intasamento sia insufficiente, tali coefficienti devono essere aumentati nella seguente misura:

dal 20 al 25% per la gelatina esplosiva;
dal 25 al 35% per gli esplosivi con α da 0,20 a 0,24;
dal 35 al 40% per le chedditi;
dal 30 al 50% per la polvere nera.

A titolo informativo riporterò da Stumf (N.N. 3/956), i fattori di efficienza attribuiti a vari esplosivi per il calcolo della carica:

Denominazione	Tipo	Fattore
Dynamit 1	Gelatinoso 75% NGL	1,0
Ammongelit 3	Gelatinoso 25% NGL	1,02
Donarit	Polverulento 6% NGL	1,29
Ammonit	Polverulento TNT/Nitrato	1,43
Esplosivo cloratato	$KClO_3$ + combustibile	2,01
Wettercarbonit	Antigrisoutoso	2,15

Al coefficiente *m* dipendente dal mezzo in cui agisce la mina, supponendo che questo sia omogeneo, si danno i seguenti valori:

Per terra comune	m. 1,20
Per terra compatta	» 1,75
Per muratura cattiva	» 1,90
Per terra mista a pietre	» 2
Per argille compatte, tufi teneri	» 2,25
Per muratura di media resistenza	» 2,45
Per rocce tenere	» 2,50
Per muratura buona e rocce compatte	» 3,27
Per muratura ottima antica	» 3,30
Per muratura antichissima, rocce dure, calcestr. in cemento	» 4,25
Per rocce fessurate	» 5-6

Qualora il mezzo fosse misto si prendono valori intermedi.

Per il fattore *h* che è uno dei più importanti poichè deve essere elevato alla terza potenza e che corrisponde *alla lunghezza della linea di minor resistenza r* che, per mezzi omogenei, si riferisce alla sua più breve distanza (fig. 157) tra il centro della carica e la superficie libera del mezzo in cui la carica deve esplodere, *la regola generale è che le cariche sono proporzionali ai cubi delle linee di minor resistenza (Italia, Francia, Inghilterra) o ai cubi del raggio dell'imbuto (Belgio, Germania).*

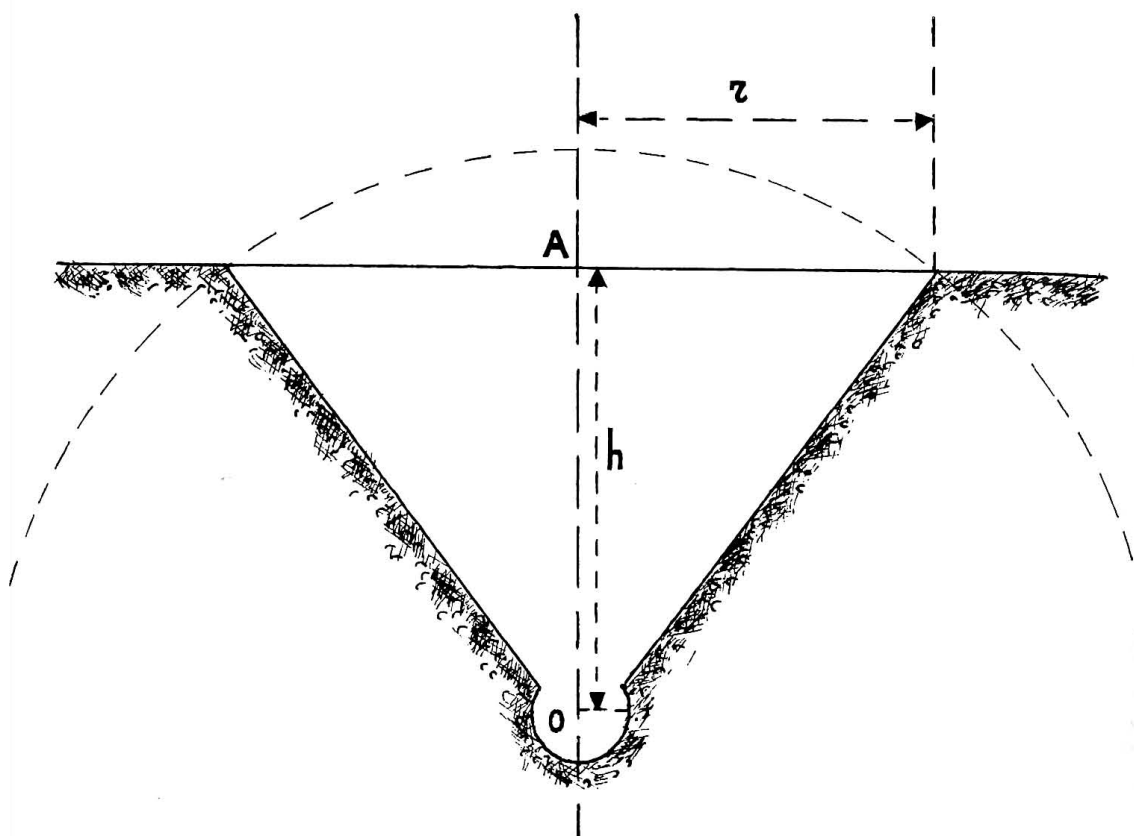



FIG. 157 - Carica concentrata.

LAVORI IN CAVA

Sempre ammessa l'omogeneità del mezzo resistente e supposta la carica concentrata in un punto A (fig. 157) si può pensare che la pressione si distribuisca ugualmente in tutte le direzioni, provocando la fessurazione e la dislocazione della roccia con la sua proiezione della zona di minor resistenza; la pressione in principio sarà nulla, per divenire massima al momento dell'esplosione della carica e decrescere mano a mano per l'allargarsi del foro fino a ridursi uguale a quella atmosferica ad una certa distanza.

Quindi, come già accennato, è prevedibile che si formi un imbuto o cratere con proiezione di materiale, infatti l'esperienza conferma la formazione di un imbuto di cui *r* misura il raggio e *h* l'altezza, cioè la *linea di minor resistenza.*

Dovendosi asportare una zona di terreno o di roccia con un certo numero di cariche ripartite nel terreno, sempre che la linea di minor resistenza sia costante o quasi, i calcoli verranno fatti in modo che tale linea sia uguale alla somma dei raggi delle rispettive sfere di esplosione o di poco inferiore, o meglio ancora che le sfere di esplosione si compenetrino leggermente.

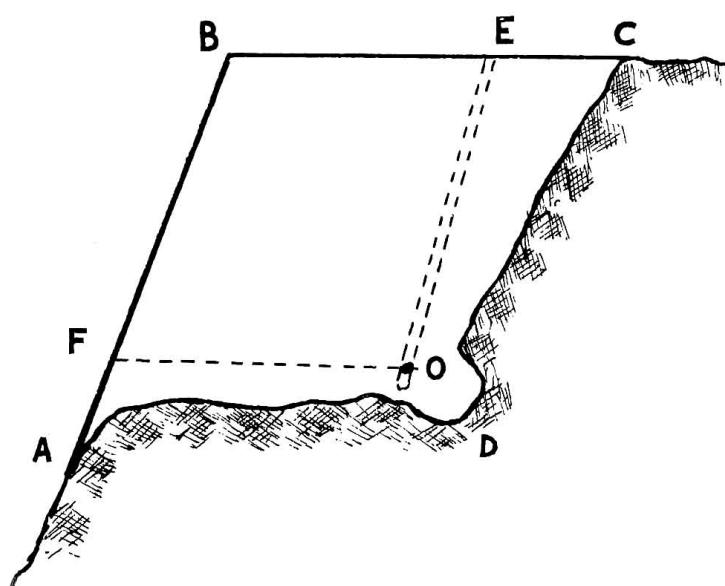



FIG. 158

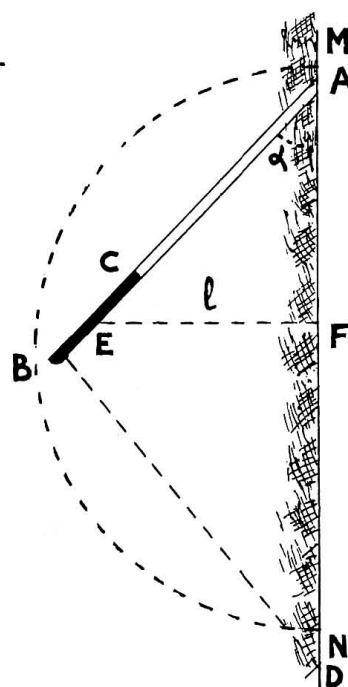



FIG. 159

Questa norma vale solo per le *mine cosiddette ordinarie:* se è inferiore all'unità si ha *la mina sotto-carica,* se è più grande dell'unità si ha la *mina sopracarica.*

Se la roccia presenta due facce libere formando tra loro un angolo sporgente (fig. 158), si otterrà facilmente l'abbattimento di un grosso blocco come ABDC, ma soltanto se le distanze OE ed OF, che in questo caso rappresentano la linea di minor resistenza, saranno convenientemente scelte e se la carica sarà ben calcolata.

Se la roccia non ha che una faccia libera (fig. 159) per cui si deve attaccare il fronte, occorre fare il foro da mina obbliquo secondo AB, e, con la pratica, si potrà ottenere in una roccia compatta, che la carica disposta in BC, abbatta la massa compresa in un semicerchio MBN, il centro del quale è in vicinanza della linea di minor resistenza.

METODI DI CARICAMENTO MINE

Per una roccia non fessurata nè stratificata la lunghezza della linea di minor resistenza è data dalla formula:

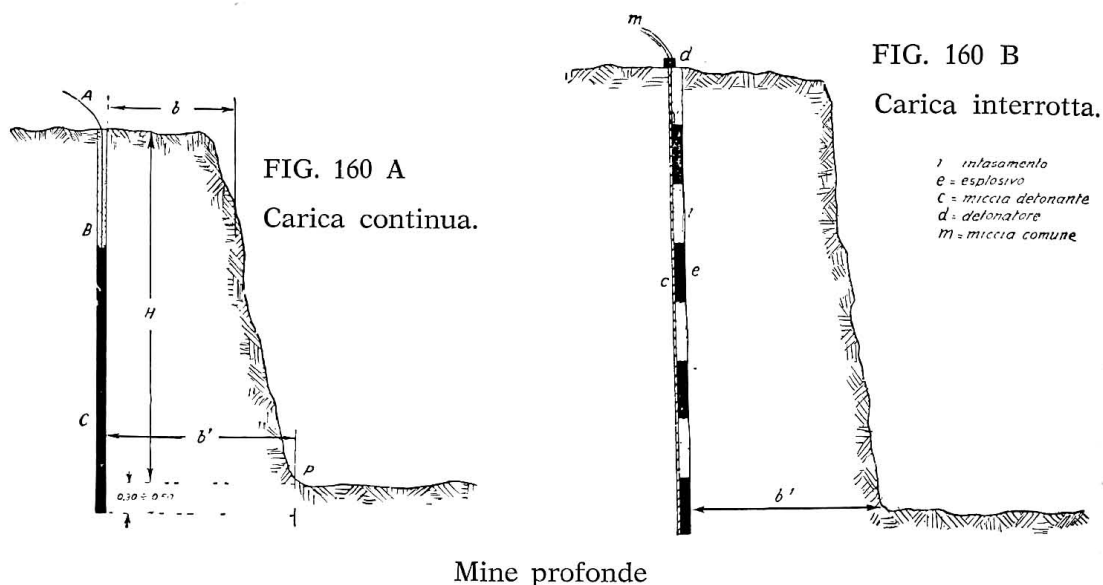
$$1 = AE \text{ sen } \alpha \text{ con } AE = \frac{2\ AB - BC}{2}$$

valutate in funzione della profondità del foro da mina AB, e della lunghezza BC della carica. Il peso della carica è regolato dal valore di 1, quindi per calcolarla non occorre che conoscere i coefficienti del terreno e dell'esplosivo, supponendo sempre che il mezzo sia omogeneo. *Come regola occorre tener presente che a seconda della durezza della roccia, l'angolo tra 30° e 45° per operare il foro da mina, è il più conveniente.*

Lo sfruttamento delle cave con mine profonde (figg. 160A-B-C-D-E-F-G-H-I-L) mediante miccia detonante ed esplosivi deboli o di difficile innescamento, come abbiamo detto, in questi ultimi tempi ha preso piede, e consiste nell'introdurre per tutta la lunghezza del foro da mina, che può raggiungere anche i 50-60 m., contemporaneamente alle cartucce, anche la miccia detonante, la quale innescata mediante un normale detonatore, funziona da secondo detonatore, cioè da detona-

FIG. 160 A
Carica continua.

FIG. 160 B
Carica interrotta.

Mine profonde

tore secondario. Inoltre si possono fare le cariche interrotte con molto risparmio di esplosivo (fig. 160B).

Frequentemente e con buon risultato si usa utilizzare nello stesso foro da mina esplosivi diversi, qualche volta a cartucce alternate avendo però cura di introdurre per primo e cioè al piede, il più dirompente onde provocare il distacco e quindi il franamento della parte superiore,

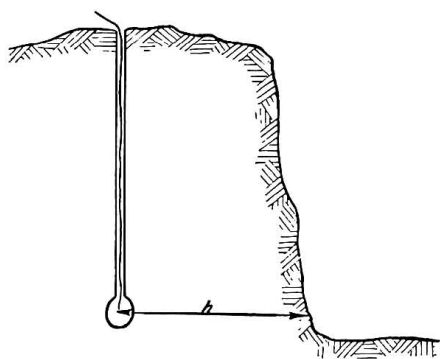



FIG. 160 C - Mina a camera.

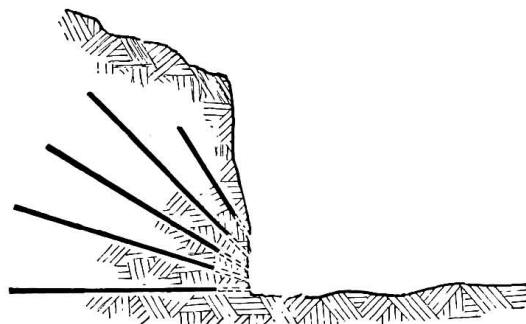



FIG. 160 D - Mine a ventaglio.

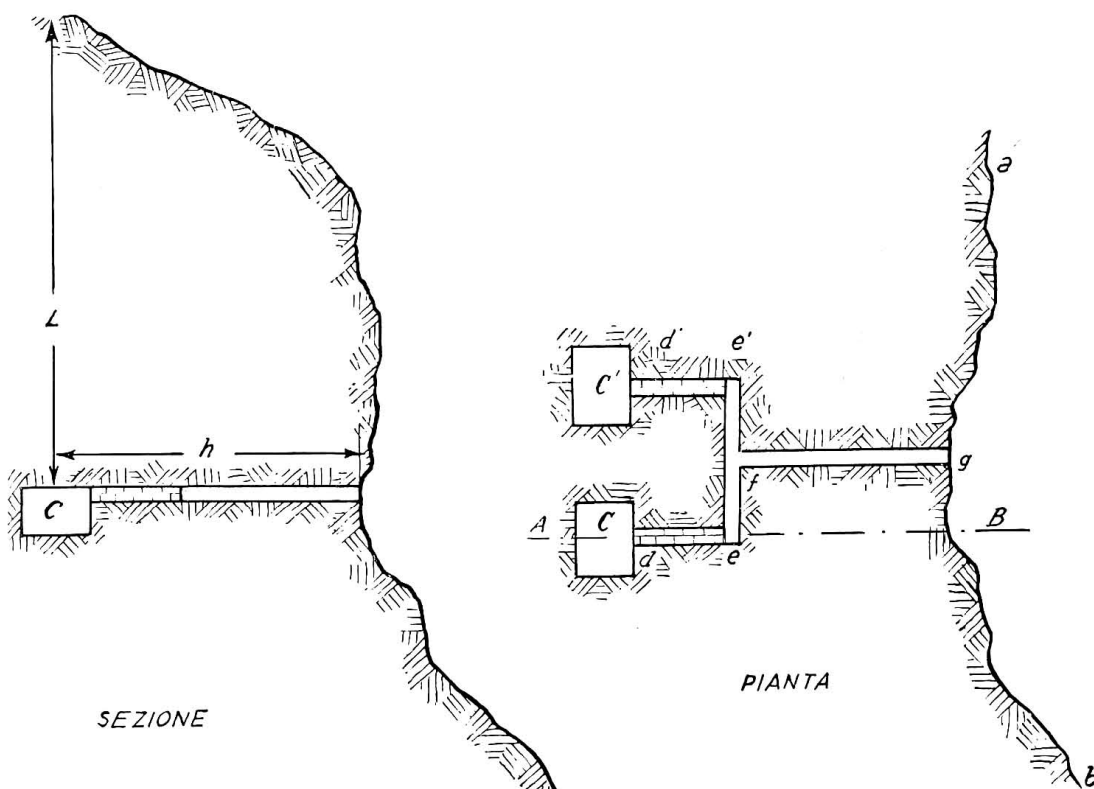



FIG. 160 E - Mina a galleria con due zanche e due camere di scoppio.

per cui la cartuccia che si innesca al piede è bene sia composta di ottimo esplosivo in modo che possa trasmettere alle altre cartucce più deboli una potente onda esplosiva aiutata anche dalla miccia detonante.

Per i lavori in roccia molto dura tipo granito, si consiglia, qualora si vogliano fare sbancamenti per costruzioni di strade, ecc. di adoperare piccoli petardi caricati con esplosivi dirompenti come Gelatina, T_4, Pentrite, tritolo e loro miscele.

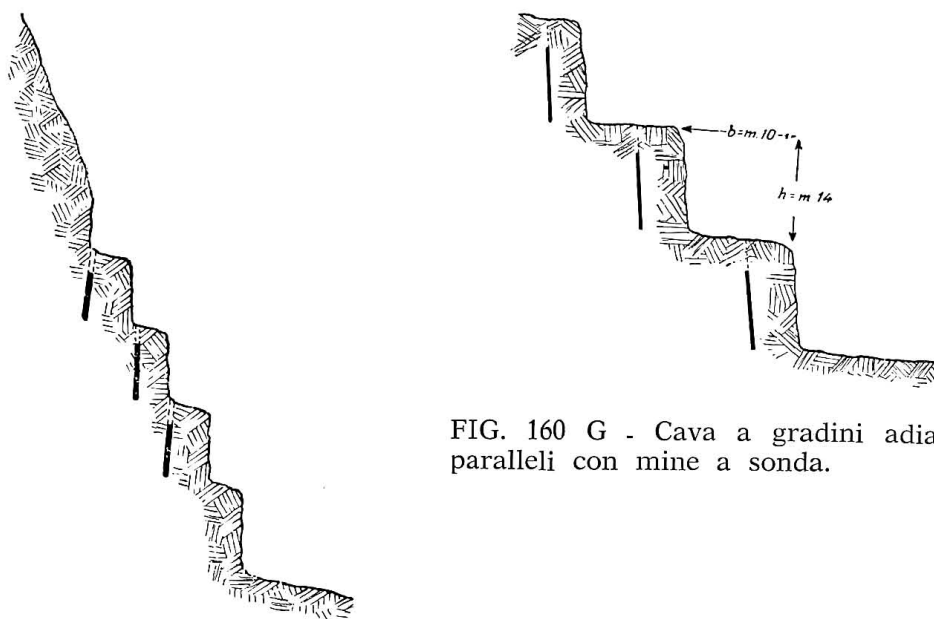



FIG. 160 G - Cava a gradini adiacenti paralleli con mine a sonda.

FIG. 160 F - Fronte subverticale in zona montana a piccole mine subverticali.

FIG. 160 H - Fronte di cava con piano ribassato e discenderia, mine verticali.

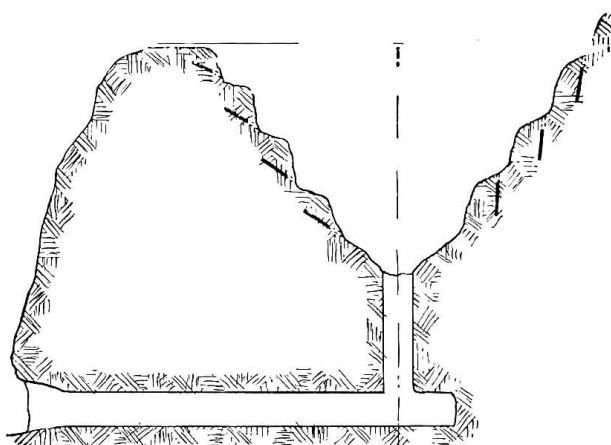



FIG. 160 I - Cava ad imbuto con fornello e galleria di estrazione: a sinistra mine inclinate verso l'alto, a destra mine subverticali.

Per ricuperare o staccare grossi blocchi occorre invece adoperare un esplosivo non dirompente ma a carattere più progressivo come polvere nera o balistite macinata che si può porre anche negli interstizi e che risulta ottima nelle cave di marmo. Dopo lo scoppio delle cariche

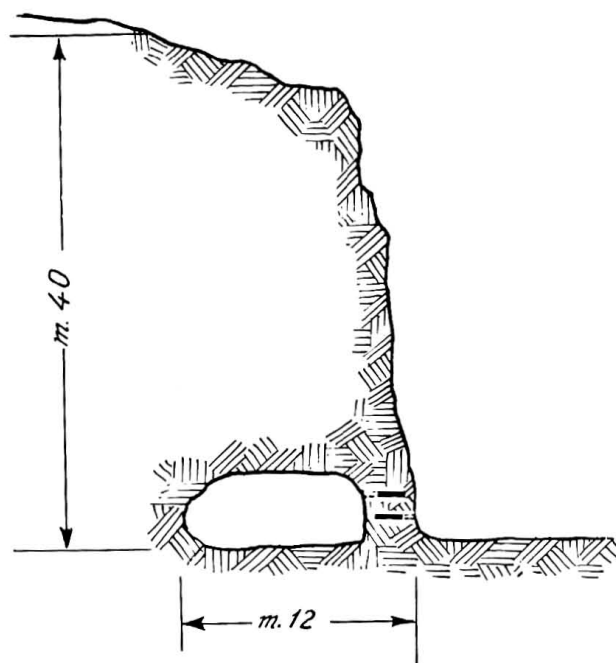



FIG. 160 L - Sezione del lavoro preparatorio per una varata per subissamento.

i blocci si staccano, e mediante un apposito piano inclinato costruito in precedenza, si fanno scendere al piazzale della cava.

A puro titolo indicativo riporterò due tabelline che mi sembrano abbastanza interessanti in quanto pongono in relazione i pesi tra polverulenti e gelatinosi, diametri e spessori di cui la seconda tabellina è valida per rocce di caratteristiche medie non troppo fessurate e per pezzature abituali (Da C. Giorgio. Impiego degli esplosivi).

TABELLA 75

PESO APPROSSIMATIVO PER METRO DI CARTUCCE DI ESPLOSIVO

Diametro	Esplosivi polverulenti Kg.	Esplosivi gelatinosi Kg.
25	0,45- 0,54	0,68- 0,78
27	0,58- 0,65	0,87- 0,97
30	0,7 - 0,8	1,05- 1,20
35	0,95- 1,05	1,4 - 1,6
40	1,25- 1,40	1,9 - 2,1
45	1,60- 1,75	2,40- 2,65
50	1,95- 2,20	2,90- 3,30
60	3,30- 3,60	4,0 - 4,60
65	3,60- 3,80	5,0 - 5,40
70	4,0 - 4,80	6,0 - 6,80
90	6,4 - 7,00	9,0 - 10,5
120	26 -31	14 - 16
200	26 -38	42 - 48
300	63 -85	95 -126

Diametro della cartuccia mm.	Spessore = distanza tra i fori m.
25	0,70-1,20
30	1,20-2
35	1,60-2,30
40	2,0 -2,60
45	2,30-2,80
50	2,60-3,30
60	3,0 -3,70
75	3,60-4,60
90	4,10-5,30

Calcolo della carica col metodo del consumo specifico costante

Dovendo eseguire una volata di parecchie mine parallele verticali, è logico che ognuna di esse dovrà abbattere un parallelepipedo di roccia avente volume:

$$V = H\ d\ h$$

dove:

H = altezza della cava; **h** = spessore o linea di minor resistenza da dare alla mina; **d** = distanza tra i fori da mina che si terrà pari a 0,8 **h** se si desidera una pezzatura minuta, aumentando fino a 1,3 **h** se si vuole una pezzatura grossa.

Noto il consumo per mc. presumibile nel caso in esame riferendosi a volate fatte in precedenza e che di norma oscilla da 150 a 350 g/mc., come si può vedere

dalla tabella qui sotto riportata, si può calcolare la carica della mina stessa mediante la seguente formula:

$$C = c_s\ V = c_s\ H\ d\ h$$

dove:

C = carica da calcolarsi

c_s = consumo specifico di esplosivo per mc oppure per tonn. che si presume costante

V = volume della roccia

H = altezza della cava

d = distanza tra i fori da mina

h = spessore o linea di minor resistenza

Se il caricamento così preventivato rientra nei limiti medi, accadrà che la lunghezza H' delle cartucce occorrenti per formare il peso totale C sarà tale da riempire la maggior parte del foro di profondità H, lasciandone una parte vuota disponibile per il borraggio o intasamento. **La lunghezza dell'intasamento si suole tenere di un paio di metri per mine lunghe 10 m, di 5-6 m. per fori profondi 60 m., e così via.**

Ad ogni modo bisogna ricordare che in queste cose conta moltissimo la pratica e che i calcoli molte volte non rispondono alla realtà.

	g/ton	g/mc
Calcari e marne tenere	40-50	100-125
Calcari duri	50-80	125-220
Arenarie, quarziti	80-120	200-350
Graniti, dioriti	80-120	200-350
Serpentine, diabasi	60-100	150-300
Gneiss, micascisti	50-120	120-350

COME DEVONO ESSERE SCELTI GLI ESPLOSIVI A SECONDA DEL MATERIALE DA ABBATTERE E DELLE CONDIZIONI DI LAVORO

Tralasciando la quantità dell'esplosivo che occorre adoperare per fare un dato tipo di lavoro, cosa che molto sommariamente già abbiamo visto, una cosa importantissima è lo stabilire quale esplosivo adoperare in base alle sue caratteristiche fisico-chimiche già descritte al principio del libro.

A pag. 40 si è parlato della dirompenza secondo Kast (d), la quale sintetizza tutte le altre caratteristiche e che è data dal prodotto della pressione specifica (e) per la densità unitaria (d) per la Velocità di detonazione (Vd).

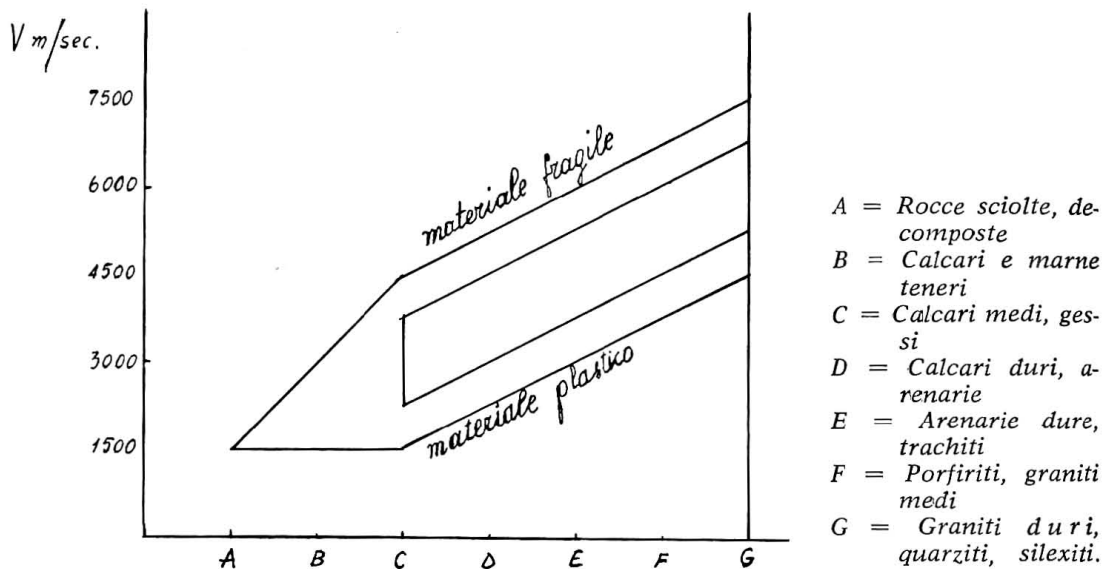
Di tutte queste grandezze la più importante è la Velocità di detonazione, infatti variando convenientemente la quantità di esplosivo, si potrà sottoporre la roccia allo stesso sforzo teorico con esplosivi diversi, mentre non sarà difficile variare a nostro piacere la rapidità dello sforzo stesso che praticamente ne misura la dirompenza.

Concludendo si potrà dire:

alta velocità = alta dirompenza;
bassa velocità = scarsa dirompenza.
A parità di roccia avremo:
alta velocità = alta dirompenza e quindi frantumazione minuta;
bassa velocità = bassa dirompenza e quindi frantumazione grossolana.

Inoltre occorre tener presente che gli esplosivi a bassa velocità si addicono a rocce tenaci, plastiche e cedevoli, mentre quelli ad alta velocità a rocce dure e fragili.

Ritengo opportuno riportare un diagramma (Joy-Sullivan) che indica le velocità degli esplosivi da scegliere per i diversi tipi di roccia. (Diagr. 13).

DIAGRAMMA 13

Nel caso si trovassero rocce fessurate, è assolutamente necessario impiegare esplosivi ad alte velocità e potenti, onde ridurre al minimo le fughe di gas.

Occorre inoltre tener presente per la scelta dell'esplosivo l'ambiente di lavoro e cioè: se l'ambiente è umido o i fori sono pieni d'acqua bisogna adoperare esplosivi gelatinosi o non igroscopici o protetti da involucri di materia plastica.

Nella stagione invernale è sconsigliabile l'impiego di esplosivi alla nitroglicerina; è meglio adoperare quelli a base di nitrogliceringlicol o quelli polverulenti senza nitroglicerina e cioè tipo « amatoli ».

Nella stagione calda occorre, per gli esplosivi a base di nitroglicerina e peggio nitrogliceringlicol, prudenza, in quanto sono più soggetti a decomporsi, a provocare cefalea, svenimenti e vomito.

La polvere nera abbisogna di molta attenzione in ogni stagione causa la sua facile accendibilità specialmente con lo sfregamento e così dicasi degli esplosivi al clorato.

COME EVITARE INCONVENIENTI DURANTE IL BRILLAMENTO DI MINE

Quando si debbono far brillare mine ovvero eseguire delle **volate** con miccia a lenta combustione, occorre fare attenzione, come già accennato precedentemente, ad applicare delle miccie a differente lunghezza, in modo che, tenuto conto del tempo impiegato dal fochino per passare da una accensione alla successiva, gli scoppi non avvengano simultanei, ma ad un certo intervallo. Con questo sistema, sapendo il numero delle mine caricate, si potranno calcolare facilmente se tutte sono esplose o se ve ne sono rimaste di inesplose.

Dovendo sparare dei petardi in vicinanza di luoghi abitati, strade, sentieri, ecc. è bene evitare che le pietre lanciate via dall'esplosione possano procurare danni. Il sistema migliore e più conveniente è quello di impiegare dei graticci di fil di ferro o di ramaglia o fascine. Però è bene che queste non siano a contatto diretto della roccia che deve saltare, ma un po' scostati e appoggiati obliquamente alle pareti verticali in modo di lasciare un'intercapedine.

Non è detto però che con tale sistema siano eliminate le proiezioni delle rocce, terra, ecc., esse rimangono soltanto attenuate; per cui prima di effettuare un brillamento, occorre determinare quale può essere la zona pericolosa per farla sgombrare dalle perosne e dalle cose che possono essere danneggiate.

Le massime distanze comunemente raggiunte dai materiali proiettati per le mine ordinarie e i terreni pianeggianti sono le seguenti:

a) per mine a terra . . . . m. 100 circa
b) per mine in roccia dura . . . . . m. 300 »
c) per rottura opere metalliche . . . . m. 400 »

La distanza di lancio è tanto maggiore quanto più è resistente il mezzo in cui la mina scoppia, inoltre più l'esplosivo è vivace e più la mina è sopracarica.

In terreni non piani la differenza di gittata sarà tanto più accentuata, quanto più forte sarà la pendenza del terreno poichè aumenta la traiettoria; in più, specialmente in alta montagna, occorre tener conto del rotolamento dei massi a valle per cui bisognerà provvedere ad evitare eventuali danni con opportuni lavori di protezione, per es. con robuste palizzate collegate da graticciate, muretti a secco, argini di terra e fossi che spesso devono essere ispezionati onde accertarsi che il materiale non li abbia riempiti.

Il brillamento di mine dovrà essere segnalato, prima dell'accensione, da squilli di tromba. Nella zona pericolosa è bene mettere delle vedette con bandierine rosse, ritirare l'eventuale esplosivo non adoperato per impedire che venga esposto ad eventuali proiezioni di sassi ed altro.

Il fochino deve essere abile, svelto ma molto prudente. Nell'applicare e nell'accendere le micce deve tener conto che, durante l'accensione delle micce da un posto all'altro, dato il terreno generalmente accidentato in cui si svolgono i lavori, può cadere e quindi impiegare più del previsto. Occorre far osservare ai minatori tre regole fondamentali:

1) **Non soffiare mai nel detonatore per togliere la segatura, ma rovesciarlo semplicemente assicurandosi poi che si sia vuotato.**

2) **Avendo in mano dei detonatori, non fumare, perchè una piccola scintilla**

può cadere in un detonatore e farlo esplodere con tutta la scatola, come già accaduto. La stessa cosa può succedere avendo in mano dell'esplosivo.

3) **Non schiacciare mai coi denti il detonatore per fermarvi la miccia.**

Per l'accensione delle micce a mano sono di prezioso ausilio al fochino gli accenditori a bacchetta specialmente nel caso in cui si debba accendere una volata.

Per l'accensione elettrica, quando il fochino avrà la certezza assoluta che tutti gli addetti ai lavori si sono allontanati, unirà i fili conduttori all'esploditore, e dopo essersi assicurato della continuità del circuito con l'hometro, con un rapido movimento della chiave provocherà il funzionamento dell'esploditore, il quale naturalmente sarà posto ben al riparo da qualsiasi danno o sorpresa.

Per l'accensione della miccia detonante occorre che il fuochino accenda la miccia d'innescamento a lenta combustione, dopo essersi assicurato che la lunghezza di quest'ultima sia tale da non provocare uno scoppio prematuro (vedi pag. 529).

Nella maggior parte delle cave, l'esplosione delle mine si fa avvenire in ore determinate che, per lo più, coincidono con quelle di sospensione del lavoro e così anche in galleria.

LAVORI IN GALLERIA

Volendo scavare gallerie, se la parete di attacco è quasi liscia, occorrerà creare delle cavità con la prima mina e quindi proseguire con le altre nel modo sotto descritto.

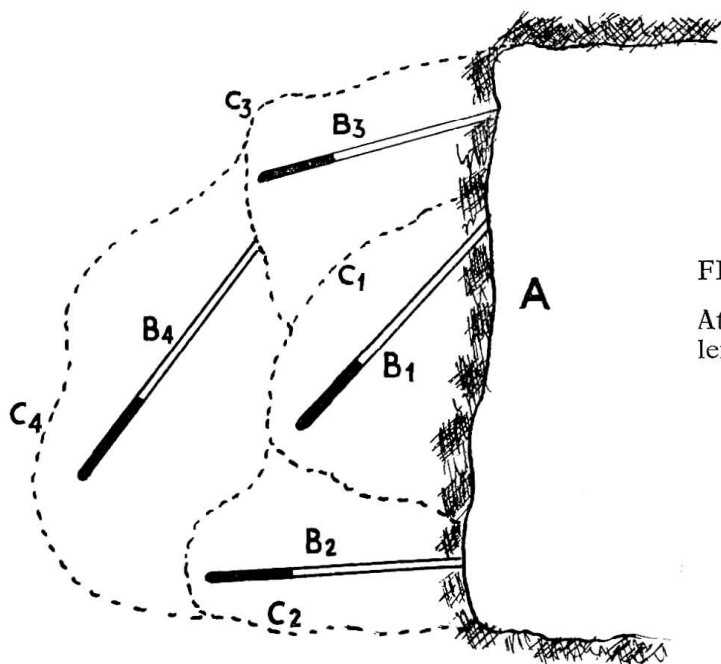
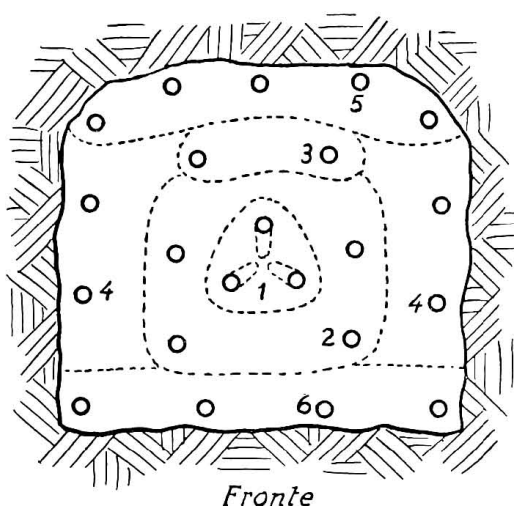
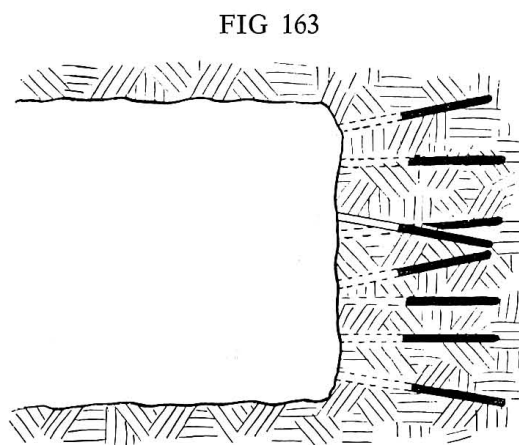



FIG. 161

Attacco di un fronte di galleria.

La fig. 161 rappresenta schematicamente l'attacco di un fronte di galleria mediante una successione di mine. I lavori per le singole volate, cioè l'insieme delle cariche da mina producenti l'avanzamento, avranno

l'andamento segnato nella suddetta figura in cui il fronte iniziale è rappresentato dalla lettera A. Il foro da mina B_1 produrrà un abbattimento del materiale secondo la linea C_1, e quindi si otterranno altre demolizioni secondo le linee C_2 C_3 C_4 con i fori B_2 B_3 B_4. In breve, occorre disporre i fori in modo che, facendo esplodere serie successive di mine, ogni serie produca delle facce libere per le susseguenti operazioni.

L'accensione di ogni serie si può effettuare simultaneamente mediante l'accensione elettrica, oppure, onde assicurarsi che le mine non scoppino contemporaneamente, si possono usare i ritardatori elettrici dei quali si è parlato; volendo applicare l'accensione normale, la volata si accende di solito con gli accenditori a bacchetta oppure con spezzoni di miccia a lenta combustione di cui si è parlato nelle pagine precedenti.

Disposizione dei fori per attaccare lo scavo di una galleria.

Le figg. 162-163 rappresentano abbastanza bene la disposizione dei fori che occorre eseguire per attaccare di fronte lo scavo di una galleria. Le prime micce che devono essere accese sono le centrali e le altre in ordine di numero, in quanto le 1 devono essere le prime a scoppiare poichè in tal modo si ottiene una superficie di tronco di cono che aumenta l'efficacia delle esplosioni successive.

Le cariche di esplosivo con cartucce da 22-25 m/m ∅ vanno da 0,3 a 0,5 Kg. per metro lineare. Però, a seconda del diametro del foro (30-40-50 mm.) possono anche essere maggiori.

La distanza dei fori dovrà essere tenuta, per le mine ordinarie, da una volta e mezza a due volte la loro profondità. Come si vede chiaramente nella fig. 161 occorre dare ai fori una certa inclinazione in quanto la linea o le linee di minor resistenza devono essere più corte della lunghezza del foro e tanto più lo dovranno essere quanto più la roccia sarà dura, e debole l'esplosivo usato.

In questi lavori la scelta dell'esplosivo più conveniente e più sicuro ha una grandissima importanza, poichè oltre a tener conto della durezza della roccia, occorre preoccuparsi delle condizioni particolari di lavoro, e cioè dello spazio, dell'aereazione delle gallerie, dei gas deleteri all'organismo che possono produrre alcuni esplosivi, della presenza di forte umidità o addirittura di acqua, della presenza di grisou, ecc.

I migliori esplosivi dirompenti, nel caso di rocce dure da adoperare in galleria, sono risultate le dinamiti gomme. Però hanno dato buoni risultati, in lavori all'asciutto, altri tipi di esplosivo a base di nitrato ammonico, tritolo, T_4, Pentrite, ecc. combinato in modo da sviluppare ossigeno in quantità tale da non poter dare alcuna noia ai minatori.

Per le gallerie dove si presume possa formarsi del grisou o polverino di carbone, o in miniere di solfo, è assolutamente necessario, come abbiamo detto, adoperare degli esplosivi appositamente fabbricati e che in Italia prendono il nome di **grisutine** e che devono rispondere, a norma di legge, a speciali requisiti.

MISURA DELL'IMBUTO PRODOTTO DA UNA CARICA APPOGGIATA AL SUOLO

(Vennin-Burlot-Lécorché. « Les poudres et explosifs » Ed. 1932)

Ritengo abbastanza interessante trascrivere questo capitoletto riportato dal libro in oggetto anche se questi calcoli sono sempre molto discutibili per molteplici ragioni che è perfettamente inutile elencare. La forma e le dimensioni degli imbuti, dice il Vennin, varia con la forma e la dimensione della carica, ed è essenzialmente in funzione della natura del terreno.

Per cariche non troppo allungate nè troppo appiattite, la profondità dell'imbuto di scoppio, misurata in metri, è legata al peso della carica, espresso in chilogrammi, dalla relazione:

$$H = K\ P$$

dove:
H = profondità dell'imbuto in metri
P = peso carica in Kg.
K = parametro caratterizzante la plasticità del suolo, che per il terreno di plasticità media può considerarsi uguale a 0,3.

Esplosivi di composizione molto differente, ma che detonino francamente, dice sempre il Vennin, danno imbuti di uguale dimensione.

Gli effetti di scoppio di una catasta di munizioni sono gli stessi di quelli dell'esplosivo totale caricato nelle munizioni stesse.

TABELLA 76

Profondità delle buche dopo lo scoppio rispetto ai Kg. di esplosivo esploso

Profondità		Esplosivo
m. 3	......	Kg. 1.000
m. 4	......	» 2.300
m. 8	......	» 19.000
m. 11	......	» 49.000
m. 11,75	....	» 60.000
m. 14,80	....	» 120.000

A titolo informativo riporterò questa tabella delle più famose esplosioni avvenute dal 1917 al 1950.

TABELLA 77
LE DIECI PIU' GRANDI ESPLOSIONI ACCIDENTALI (da M.A. COOK)

Data	Località	Tonn.	Tipo di esplosivo	Danni		N. vittime	
				Forti	Deboli	Morti	Feriti
1950	South Amboy	450	Dinamite	1500 m.	Molti Km.	26	400
1918	Morgan N. J.	450	Nitrat. Amm.	1500 m.		64	100
1944	Hasting, Neb	500	Bombe Torpex				—
1926	Lake Denmark	730	Tritolo	1800 m.	7 Km.	10	
1944	Port Chicago	1940	Torpex	1400 m.	40 Km.	300	
1917	Halifax. Canada	2360	Tritolo, ac. picrico, ecc.	2800 m.		1800	8000
1917	Steinfeld	2490	T_4 Flemm.	2900 m.			
1947	Prest. Francia	3000	Nitrato amm.	4800 m.	16 Km.	21	100
1947	Texas City	3170	» »	2100 m.	8 Km.	560	3000
1923	Oppau. Germ.	4080	» »	6400 m.		1100	1500

CAPITOLO TERZO

ALTRE APPLICAZIONI DEGLI ESPLOSIVI

Gli esplosivi nei lavori agricoli - Qualora si voglia approfondire la lavorazione del terreno e mescolare terreno superficiale a quello del sottosuolo, costruire dei canali di scolo o di irrigazione, o per deporvi dei tubi, sradicare piante o radici, preparare buche per piantare alberi, rompere rocce che danneggiano la coltivazione, ecc. si ci può servire di esplosivi.

Per i terreni da dissodare occorre praticare i fori a profondità e distanza variabile a seconda della natura del terreno. La profondità dei fori di assaggio sarà compresa fra 80 e 140 cm. alla distanza fra loro di m. 4-6. La carica dell'esplosivo che può essere al nitrato ammonico o con piccole quantità di nitroglicerina, sarà di circa due cartucce, cioè 150-200 gr. Tali dati varieranno a seconda dei risultati ottenuti nelle prove di assaggio che, specialmente in questo caso, è sempre bene compiere.

Per scavare fossi rettilinei i fori devono essere fatti longitudinalmente ad una distanza di circa 50-60 cm. tra loro e ad una profondità che deve essere inferiore di almeno 10-20 cm. a quella alla quale dovrà giungere il foro. Anche in questo caso gli esplosivi al nitrato ammonico sono ottimi, sempre però che si lavori all'asciutto.

Per frantumare i massi pietrosi che intralciano le coltivazioni, o si opera come per le rocce, o qualora non si voglia o non si possa fare il foro da mina, si può appoggiarvi sopra, però con una spesa maggiore di esplosivo, una o più cartucce sulle quali si metterà un pò di fango a guisa di borraggio o una carica cava e si faranno quindi esplodere mediante un detonatore.

Per abbattere alberi o rompere travi di legno o sradicare radici con cariche interne si può operare nel seguente modo: introdurre una cartuccia di esplosivo abbastanza potente e dirompente tipo Gomma A

o tritolo o T_4 o Pe in un foro praticato orizzontalmente con una trivella alla base dell'albero (fig. 164) o nel trave o nella radice dopo averne messo un pezzo allo scoperto e quindi operare il borraggio e l'accensione come per una normale mina. Le cariche da usarsi per tali lavori

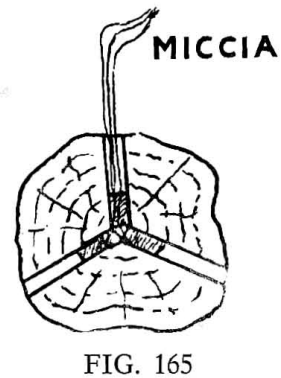
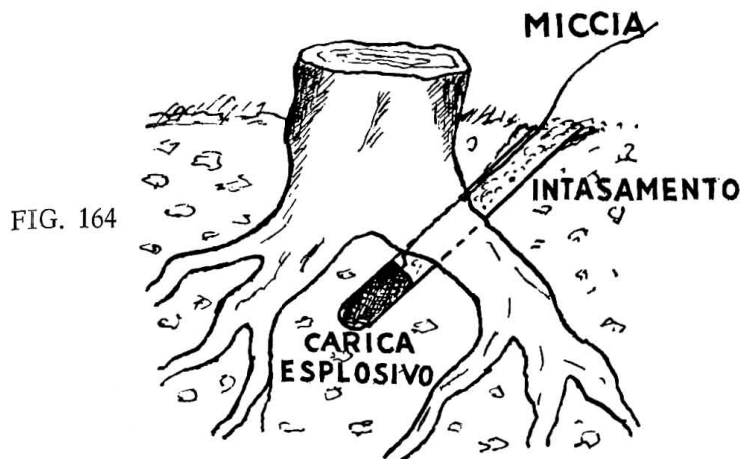



FIG. 164

FIG. 165

sono le seguenti: per fusti del diametro di 40 cm. si fa un solo foro, da 40 a 60 cm. due fori, da 60 in poi tre fori concentrici (fig. 164-165). I fori andranno riempiti, a seconda dell'esplosivo adoperato per i legni dolci e per i legni duri nella seguente misura:

Da 1/4 a 1/3 se si tratta di gelatine esplosive
Da 1/3 a 1/2 se si tratta di balistiti
Da 2/5 a 3/5 se si tratta di tritolo, T_4 e simili

Per abbattere alberi di grosso fusto si possono anche usare cariche esterne che si collocano in salsicce di tela da avvolgersi intorno al

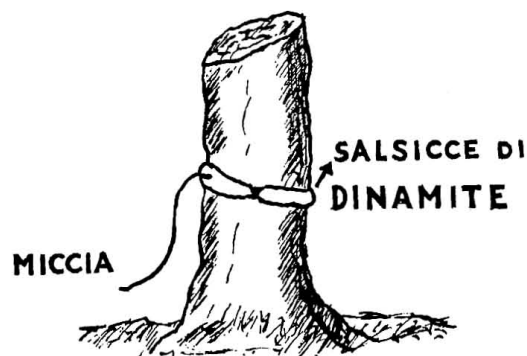



FIG. 166

fusto (fig. 166), od anche da appoggiare, nel caso di travi, su una delle facce. Adoperando un esplosivo potente tipo gelatina si consiglia di adottare la seguente formula.

$$Cg = d^2$$

dove:
Cg = carica in gr.;
d = diametro del fusto o larghezza della faccia maggiore del trave espresso in cm.

Quest'ultimo sistema però, come ho già detto per i massi isolati, non è conveniente in quanto il consumo dell'esplosivo è molto superiore a quello che si adopererebbe facendo le cariche interne.

Distruzione di opere metalliche, piastre, putrelle, rotaie, ecc. - Si adoperano generalmente esplosivi molto potenti tipo gelatina, o, adoperando una quantità doppia rispetto alla gelatina, tritolo, T_4, Pe e loro miscugli o cariche cave. Le cartucce si legano o si appoggiano all'opera da demolire come abbiamo visto per le travi di legno e per gli alberi.

Ecco una tabella che viene usata anche dal Genio Militare in quanto queste distruzioni e quelle cui accennerò in seguito, generalmente non vengono usate se non in guerra.

Cariche	Semplici		Accoppiate	
Ct (in gr.)	Con intasam.	Senza intasam.	Con intasam.	Senza intasam.
Tritolo	$4{,}5\ a(b + 1)^2$	$6\ a(b + 1)^2$	$4{,}5\ ab^2$	$6\ ab^2$
Gelatina	$3\ a(b + 1)^2$	$4\ a(b + 1)^2$	$3\ ab^2$	$4\ ab^2$

in cui:
a = larghezza della piastra o della sbarra;
b = spessore della piastra o della sbarra.

Tubi, colonne vuote:

Ct in gr. $4{,}5\ \pi\ ds^2$ con intasamento
$6\ \pi\ ds^2$ senza intasamento

in cui:
d = diametro esterno
s = spessore

Cavi metallici: $Ct = 6{,}8\ (d + 1)^2$
in cui:
d = diametro del cavo

Cemento armato

Esplosivo	Cariche esterne			
	Archi, travi, pilastri		Volte, solette, muri	
	con intas.	senza intas.	con intas.	senza intas.
Tritolo	2,7 ab	3,8 ab	2,1 ab	ab

in cui:
a = larghezza dell'arco, trave, pilastro, muro, ecc.
b = spessore

Per la distruzione di tubi in cemento armato si ha:

$$Ct = 2{,}7\ ds$$

in cui:
d = diametro del palo
s = spessore della parete

Murature isolate - Con cariche allungate esterne e per spessore *s* di muratura inferiori ad un metro si adotta la seguente formula:

$$Ct = 60\ s \text{ per metro}$$

Qualora la muratura abbia spessore superiore al metro sono più convenienti i petardi.

Per torri, ciminiere, ecc. occorre adoperare l'esplosivo in diverse cariche dalla parte dove si desidera la caduta in modo da demolire circa 1/4 della circonferenza.

Impiego degli esplosivi in lavori subacquei - Quando si devono costruire ponti, dighe, canali, porti o recuperare, mediante demolizioni, relitti di navi, occorre far brillare le mine sott'acqua e qualche volta a discrete profondità.

E' necessario allora adoperare, per piccole profondità, esplosivi che non risentano umidità come la Gomma A. Per grandi profondità: Tritolo, T_4, Pentrite o loro miscugli, e proteggere, il che è sempre conveniente, l'esplosivo con tubi o recipienti metallici a perfetta tenuta.

Occorre tener presente che in questi lavori, il rendimento dell'esplosivo sott'acqua è minore che all'aria libera, e che la pressione dell'acqua può deformare o deteriorare i recipienti contenenti l'esplosivo o gli inneschi o le micce e, quindi oltre ad un esplosivo insensibile all'umidità, occorrono inneschi e micce speciali appositamente costruiti e messi in commercio per lavori subacquei. Ottima per tali lavori era la miccia detonante al tritolo o cordone Bickford consistente, come già detto, in un tubetto di piombo riempito, mediante apposite macchine, di tritolo; ora si usa la miccia alla pentrite con copertura in plastica. In caso si adoperi, come ora comunemente si fa, per l'accensione, il detonatore elettrico, occorre prendere particolari precauzioni per isolare in modo perfetto i circuiti d'accensione. *Altra cosa importantissima per questi lavori è che gli esplosivi composti di miscele fuse al tritolo, T_4, Pentrite, ecc. hanno sempre bisogno, per l'esplosione, di un detonatore secondario, oppure di essere percorsi da una potente miccia detonante o lungo la superficie esterna o meglio nel loro interno. La cosa migliore però rimane il detonatore secondario.*

Mine cariche a polvere nera - Attualmente il caricamento delle

mine a polvere nera, se si esclude per le cave di marmo, è molto diminuito; ad ogni modo ritengo opportuno farne un accenno.

Le mine caricate a polvere nera sono mine normali, cioè come quelle già descritte, con la differenza che esse esplodono anche con la semplice miccia a lenta combustione (vedi fig. 58). Il loro caricamento però è più pericoloso in quanto, durante l'intasamento, è facile che lo sfregamento del calcatoio contro le pareti del foro faccia incendiare la carica e la faccia esplodere. Sono anche in uso delle cartucce a polvere nera compressa meccanicamente ad umido e avvolte in carta impermeabile ed essiccate. Tali cartucce sono attraversate da un piccolo canale leggermente conico di 6-8 mm., nel quale si introduce la miccia ripiegata alla sua estremità. Il borraggio viene eseguito come per tutte le altre mine (fig. 167).

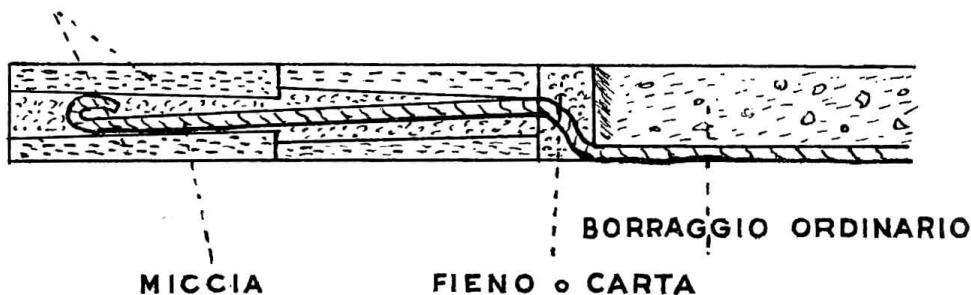



FIG. 167 - Cartuccia di polvere nera compressa.

ESPLOSIONI MANCATE

Ritengo opportuno ed interessante elencare quali possono essere le cause delle mancate esplosioni o « ratés », le quali, oltre ad un dispendio non indifferente di esplosivo, possono provocare serie disgrazie agli operai.

1) **Difetto dovuto all'innesco**

a) la miccia a lenta combustione è di cattiva qualità e quindi o si spegne, o brucia troppo velocemente o troppo lentamente, o è inumidita, o semplicemente una piccola quantità di materia grassa è penetrata nella polvere in essa contenuta.

b) La miccia è a contatto dell'esplosivo e l'accende prima del funzionamento del detonatore (caso molto raro), o è mal sertita nel detonatore e non tocca quindi l'esplosivo primario, o il primario è coperto di segatura o di altre materie estranee.

c) La miccia è stata lacerata o troppo compressa durante il borraggio.

d) Il borraggio è molto umido e la miccia non ha un avvolgimento abbastanza impermeabile per proteggere la polvere nera in essa contenuta.

e) Il detonatore è troppo debole o non penetra a sufficienza nella cartuccia innesco.

f) Il detonatore è difettoso o mal protetto contro l'umidità.

g) **Il caricamento delle mine con la polvere nera in grani** di solito viene fatto introducendo la polvere in sacchetti di carta come se fossero cartucce; in esse si introduce il nodo di una estremità di una miccia a lenta combustione dopo averla intaccata con vari tagli fino al polverino (fig. 58). Se tale operazione non è fatta a regola d'arte si può avere la mancata accensione.

2) **Difetti dovuti all'esplosivo**

L'esplosivo è troppo poco sensibile per detonare completamente coi detonatori adoperati, o è stato troppo compresso e quindi indurito, umido o mal fabbricato. Se non esplode bene e cioè deflagra, produce, in genere, fumi rossastri.

3) **Difetti dovuti al caricamento**

a) Il borraggio è mal fatto o insufficiente rispetto alla posizione della mina e alla sua carica: in questo caso la mina fa « **cannone** », cioè lancia il borraggio per aria e i gas escono dal foro.

b) Le cartucce riempiono male il foro da mina o sono separate le une dalle altre da materie estranee come terra, sassi, ecc. senza avere miccia detonante.

c) Le cartucce sono schiacciate da un eccessivo borraggio e la loro densità diventa troppo elevata o altrimenti l'esplosivo si mescola con materie estranee.

Quando la detonazione è soltanto parziale, si può avere una semplice fiammata. Questo fatto avviene specialmente per alcuni esplosivi a base di balistiti o nitrocellulose innescati senza detonatore. L'accensione semplice è caratterizzata dal lavoro insignificante prodotto, e sovente, dallo svolgimento di fumo o gas tossici.

4) **Mancate esplosioni dovute alla miccia detonante**

Si possono avere mancate esplosioni anche adoperando la miccia detonante e vediamo il perchè.

1) Non tutti si rendono conto che, come abbiamo detto precedentemente, la miccia deve essere sistemata nei collegamenti sempre in senso giusto e non mai contraria all'onda esplosiva che parte dal detonatore.

2) Durante il caricamento non deve essere urtata con forza, poichè diversamente può rompersi e, in caso di forte umidità, bagnarsi la pentrite e quindi non esplodere interamente causando la così detta « interruzione » per cui l'esplosivo esplode solo in parte.

3) Occorre che venga trattata con tutti i riguardi e cioè non annodarla in modo troppo stretto e stirarla o piegarla ad angolo retto o maltrattarla.

4) Può capitare che durante lo scoppio della volata, qualche sasso cada sulla miccia che trovasi all'esterno dei fori e che la rompa, per cui questa si interrompe e la volata rimane in piedi con gravissimo danno. In qualche cava, quando si devono fare volate importanti, onde essere più sicuri, si preferisce adoperare la miccia doppia.

INCIDENTI CHE POSSONO VERIFICARSI NELL'ACCENSIONE DELLE MINE

I principali incidenti dovuti all'impiego degli esplosivi nelle miniere e nelle cave, possono essere classificati, dal punto di vista dei loro motivi, nel seguente modo:

1) Imprudente manipolazione degli esplosivi - Per esempio facendo sgelare le cartucce di dinamite vicino al fuoco, sertendo maldestramente i detonatori e cioè schiacciando coi denti o con le pinze la parte del detonatore contenente il primario (fig. 138), fumando, esercitando sui fili dei detonatori elettrici delle trazioni troppo energiche, o altrimenti in seguito all'urto degli inneschi, delle cartucce innescate, delle cartucce di dinamite gelata ed essudata.

2) Esplosione durante il borraggio - Intasamento troppo violento dell'esplosivo nei fori da mina (soprattutto con la dinamite e la polvere nera), impiego di un calcatoio in metallo, urto contro il detonatore.

3) Accensione prematura - Miccia troppo corta o a combustione irregolare; in caso di accensione elettrica vi può essere uno sbaglio nello stendere i circuiti o improvvisi temporali. In questo caso occorre adoperare i detonatori HU.

4) Esplosioni tardive - Per difetto di miccia, per cui la mina esplode in ritardo; le disgrazie in questo caso sono dovute al prematuro ritorno del personale nel cantiere senza aver la certezza dell'esplosione di tutte le mine. In caso di mancata esplosione, è buona norma, prima di avvicinarsi alla mina, attendere almeno mezz'ora.

5) Sistemi per l'intervento in caso di mancate esplosioni - Il ricupero di un colpo non esploso è sempre un'operazione pericolosa che è bene evitare; la miglior cosa da farsi è di disinnescarlo con molta attenzione e vuotarlo con un nettamine o preparare un nuovo foro alla distanza di 30-60 cm. dall'altro per evitare di incontrare il precedente, caricarlo e farlo esplodere; quindi ricercare attentamente nello sterro, qualora non sia avvenuta esplosione per simpatia, i frammenti delle cartucce del colpo non esploso. Quando una mina ha fatto « cannone », cioè è esplosa sfogando dal foro, si può caricare ancora dopo essersi assicurati, mediante un nettamine, che non sia rimasto nulla della carica precedente.

6) Intossicazione e asfissia - Questi incidenti che molte volte hanno effetti letali, si possono verificare in gallerie poco aereate allorchè si impiegano esplosivi o con ossigeno negativo, o, in caso di mancate esplosioni con solo deflagrazione, che sviluppano gas nocivi come ossido di carbonio, vapori nitrosi rossastri, cloridrici, ecc. E' bene che gli operai abbiano sempre a portata di mano le apposite maschere o meglio ancora, gli appositi apparecchi che in commercio sono chiamati « autoprotettori », i quali, oltre ad isolarli dall'aria esterna, fornisce loro, per mezzo di una bomboletta, l'ossigeno necessario per mantenerli in vita per un certo periodo di tempo (Vedi pag. 33).

7) Accensione del grisou o del polverino di carbone - Questi sono incidenti gravissimi che possono essere dovuti a molteplici cause e

cioè esplosivi o innescanti sviluppanti alte temperature, lampade dei minatori non adatte (occorrono lampade Davy o a pila), scintille prodotte o da impianti elettrici mal isolati o da colpi di piccone sulla pietra, o da urti di carrelli, ecc. non esclusa l'imprudenza dei minatori di fumare.

Allo scopo di rilevare la presenza del grisou o di altri gas nocivi nelle gallerie, recentemente alcune società americane hanno messo in commercio appositi apparecchi basati sul seguente principio:

L'aria in cui si suppone esservi grisou o gas nocivi viene aspirata e va a lambire un filo di platino incandescente che costituisce un lato di un ponte di Wheastone a resistenza elettrica, sul quale la combustione dei gas presenti nell'aria, a contatto del filo incandescente, provoca una variazione di temperatura e quindi di resistenza del filo stesso, per cui l'equilibrio del ponte viene rotto. Un apposito strumento di misura, tarato per ogni gas combustibile, indica la concentrazione dei gas combustibili mescolati all'aria ambiente.

Principali norme da osservare nei depositi e nei reparti di lavorazione degli esposivi da mina e delle capsule. Loro conservazione.

A parte l'apposito regolamento di P.S. inerente all'argomento, mi limiterò ad accennare sommariamente alle norme più importanti. Tutti gli stabilimenti e depositi esplosivi devono avere un titolare responsabile, che per gli stabilimenti occorre sia laureato in chimica o in ingegneria chimica, e devono essere custoditi da guardie giurate. In uno stabilimento fra la parte esplosiva e quella non esposiva (per es. uffici, magazzini di materie inerti, ecc.) deve intercedere una distanza non minore di m. 50.

Prima di ogni cosa faccio osservare che tutte le casse, scatole o recipienti contenenti esplosivi, vanno trattate col massimo riguardo. Non si devono mai strisciare, aprire o chiudere casse o recipienti contenenti esplosivi dentro i depositi. Tale operazione, qualora si renda necessaria, deve essere fatta fuori del deposito con scalpelli e martelli di bronzo e dietro il terrapieno, di cui sono provvisiti generalmente tutti i depositi e tutti i reparti di lavorazione esplosivi. Per eliminare pericoli e risparmiare danaro, ora si adoperano scatole di cartone ondulato. I terrapieni devono avere un'altezza almeno pari al tetto del deposito o del reparto, una larghezza sulla cima di m. 1,50 e la loro costruzione è subordinata al regolamento di P. S. in rapporto alla capacità del deposito, alla distanza di case, strade, o di altri reparti esplosivi o alla lavorazione dell'esplosivo. Al personale, nello stabilimento deve essere proibito fumare, portare fiammiferi o scarpe chiodate e bevande alcooliche. In tutti i reparti esplosivi, come ho già detto, sono indispensabili scarpe con suole di gomma o di tela o zoccoli di legno. Un operaio può portare un solo quarto di vino per la colazione.

Le dinamiti gomma e tutte le altre qualità di dinamite vanno conservate e separate dagli altri esplosivi e in particolare dalla polvere nera. Le dinamiti a base di sali inorganici come i nitrati, vanno conservati in locali non umidi e non con quelli gelatinosi alla nitroglicerina. Le dinamiti a base di clorati non vanno mai messe con quelle contenenti nitrato ammonico.

Le micce a lenta combustione devono essere tenute in locali freschi ed asciutti. I depositi e i reparti devono avere finestre con vetri di cellophan.

Non è permesso tenere nello stesso deposito esplosivi di categorie diverse (es. dinamite e polvere nera, dinamite e detonatori, ecc.) Le capsule o detonatori devono essere conservati in locali asciutti separati da tutti gli altri.

Non è prudente lasciare casse o scatole di detonatori aperte, poichè anche un topo, versando una scatola, potrebbe provocare lo scoppio di tutto il deposito.

I depositi, specialmente nella stagione estiva, devono spesso essere aereati. **Le porte dei reparti devono sempre aprirsi verso l'esterno ed essere lasciate libere.**

Circa la manutenzione esterna dei reparti e dei depositi occorre ricordare che, specie nella stagione estiva, devono essere ripuliti dalle erbe all'intorno per una zona di almeno 20 m. e che gli alberi ad alto fusto devono essere tagliati fino ad una distanza di 50-100 m. E' bene non lasciare in giro stracci e carta sporca poichè possono facilmente incendiarsi anche per autocombustione specialmente se sporchi di nitrato e grasso o materie organiche in genere. I terrapieni devono sempre avere l'erba tagliata ed essere possibilmente privi di piante.

Tutti i reparti di lavorazione e i depositi devono essere muniti di parafulmini a gabbia di Faradey a maglie di 1 m. con le reggette da mm. 30×2,5 o saldate o imbullonate tra loro e in comunicazione col suolo mediante almeno due prese a terra alla profondità di circa 4 metri e sollevate dal tetto e collegate tra loro ad anello. Non devono segnare più di 20-25 homs. Meglio sarebbe collegare più reparti tra loro. Tutte le macchine devono essere messe a terra mediante cavo di rame o alluminio della sezione di circa mm^2 16, i motori delle macchine che lavorano esplosivi di qualsiasi genere e le lampade devono essere di tipo antideflagrante se sono nei locali e di tipo stagno se fuori dal locale. Ad ogni buon conto si preferisce che nei locali non vi siano motori di nessun genere. Le cinghie, almeno per gli esplosivi più sensibili, devono essere antiscintilla.

Gli esplosivi che si possono conservare sott'acqua, tipo polvere di lancio, tritolo, T_4, Pentrite e loro miscele, è bene siano deposti in vasche la cui acqua si possa spesso controllare e cambiare. Le polveri di lancio vanno spesso controllate specialmente per la stabilità.

Tutti i reparti esplosivi e i depositi devono essere muniti di estintori a muro e secchi d'acqua, di badile e una cassetta di sabbia. Lo stabilimento deve essere provvisto o di numerose e capaci vasche d'acqua con le relative motopompe da controllare almeno settimanalmente o meglio di una rete di tubazioni con relative bocchette da incendio dalle quali l'acqua esca con una pressione sufficiente per lanciare almeno il getto a 15-20 m., manichette, picconi, badili, ecc. e del personale pratico che, all'occorrenza, possa intervenire tempestivamente.

Un ottimo sistema per mantenere i depositi esplosivi abbastanza freschi durante l'estate è quello, cosa che viene fatta anche sulle cataste dei proiettili messi all'aperto, di irrorare con calce il tetto.

Gli stabilimenti e depositi esplosivi devono essere cintati o da un muro o da una rete dell'altezza di m. 2,50 lungo la quale deve esservi un sentiero per l'ispezione delle guardie e l'illuminazione rivolta verso l'esterno.

I depositi e i reparti di lavorazione degli esplosivi alla sola nitroglicerina è bene siano provvisti di termometri e di caloriferi per la stagione invernale.

Nella stagione estiva invece sarà bene, oltre i 30°, irrorare spesso con acqua i tetti dei depositi e la zona circostante.

I reparti di lavorazione, qualora sia necessario, devono avere lampade antideflagranti, tutti i fili elettrici devono essere incassati nei muri e possibilmente scorrere all'esterno dei reparti.

Nei depositi non vi devono essere lampade di nessun genere. Qualora fosse necessario penetrarvi di sera, occorre provvedersi di una lampada a pila che, specialmente nei depositi contenenti esplosivo alla nitroglicerina, deve essere accesa prima di entrarvi. L'illuminazione può essere ottenuta con lampade situate all'esterno, in apposite nicchie e separate dai locali stessi mediante parete fissa di robusto vetro « pirex » con ogni eventuale canalizzazione elettrica sempre collocata all'esterno del locale. Le casse o le scatole contenenti esplosivi di qualsiasi

genere, devono essere disposte in modo che tra loro possa circolare aria e si possa vedere se vi fossero trasudamenti.

Molte altre norme di sicurezza sono contenute nei singoli capitoli, quindi non ritengo opportuno ripetermi.

Ritengo invece necessario descrivere nella « Parte nona », nelle loro linee essenziali, le varie categorie di esplosivi secondo il Regolamento di P.S. e qualche regolamento più importante riguardante le costruzioni in uno stabilimento o in un deposito.

PARTE NONA

CATEGORIE DEGLI ESPLOSIVI
E PRINCIPALISSIME NORME DI P.S.
PER LA COSTRUZIONE DI REPARTI E DEPOSITI ESPLOSIVI

CATEGORIE DEGLI ESPLOSIVI

CATEGORIA I - **Polveri e prodotti affini negli effetti esplodenti.**

Polvere nera da mina, da caccia, da guerra. Polveri da caccia in genere e cartuccie da caccia cariche. Nitrocellulosa tipo fulmicotone e cotone collodio contenente almeno il 18% di umidità; clorati, balistiti, soleniti e polveri di lancio in genere. Cordone Bickford al tritolo, bombe a mano anche innescate e bombe in genere non innescate.

CATEGORIA II - **Dinamite e prodotti affini negli effetti esplodenti.**

Esplosivi da mina in genere con e senza nitroglicerina, acido picrico, tritolo, pentrite e T_4 con almeno il 12% di acqua, chedditi, miccia al fulminato e alla pentrite con non più di gr. 15 di esplosivo per metro, nitrocellulosa con almeno il 18% di umidità.

CATEGORIA III - **Detonanti e lavori affini negli effetti esplodenti.**

Capsule detonanti da mina e da guerra. Petardi, castagnole, ecc. Inneschi elettrici in genere. Miscugli pirotecnici, miccia detonante con più di 15 gr. di Pentrite per m/l. e Pentrite e T_4 con meno del 12% di acqua.

CATEGORIA IV - **Artifici e prodotti affini negli effetti pirotecnici.**

Fuochi pirotecnici senza innesco, artifici da guerra e petardi per segnalazioni, ecc.

CATEGORIA V - **Munizioni di sicurezza e giocattoli pirici.**

Bossoli innescati per caccia e per guerra, cartucce cariche per pistole e per fucile in numero non superiore a 1500. Spolette, miccia a lenta combustione, accenditori elettrici, bengala e giocattoli pirici in genere.

PRINCIPALI NORME DI P.S. RIGUARDANTI GLI ESPLOSIVI

La fabbricazione di tutti gli esplosivi da mina deve essere autorizzata, dopo presentazione di regolare domanda da parte del Direttore responsabile dello Stabilimento, dall'Ufficio Esplosivi. Direzione Generale di P.S. del Ministero dell'Interno - Roma.

Invece per consumare ed impiegare esplosivi occorre rivolgere regolare domanda alla Prefettura nel cui territorio viene svolto il lavoro; le dinamiti e gli esplosivi da mina in genere e i detonatori non possono essere venduti se non a enti o persone munite di « nulla osta » da parte della locale Autorità di P.S. La Prefettura, nell'accordare la richiesta concessione, specifica nelle licenze le condizioni da osservare.

I depositi esplosivi, per la parte che interessa i privati, si dividono in:

depositi di consumo permanenti o temporanei;
depositi giornalieri;
depositi di esplosivi destinati all'agricoltura.

L'autorizzazione ad aprire depositi è sottoposta a speciali condizioni, visite di apposite commissioni, ecc. Ha molta importanza tra l'altro la lontananza dei luoghi abitati, strade, ecc.

I limiti di distanza di sicurezza fissati dalla sopra citata legge di P.S. sono riportate dalla seguente tabellina:

TABELLA 78

Quantitativo max. di sostanze esplodenti che il deposito può contenere	DISTANZE IN METRI DAL PERIMETRO DEL DEPOSITO					
	Strade ordinarie e ferrate, autostrade, fiumi e canali navigabili	Case coloniche e private isolate	Opifici industriali e gruppi numerosi di casolari, chiese aperte al culto e monumenti dichiarati nazionali	Borgate e città aventi una popolazione di ab.		
				Da 500 a 5.000	Da 5001 a 10.000	Super. a 10.000
1	2	3	4	5	6	7
Da q. 2 a 5	50	70	100	150	200	200
» q. 5 » 10	75	100	150	200	250	300
» q. 10 » 45	100	175	250	300	350	400
» q. 45 » 100	100	200	300	500	500	800
» q. 100 » 200	100	300	400	1000	1500	2000
» q. 200 » 400	150	500	500	1500	2000	2500
» q. 400 » 800	175	500	1000	2000	2500	3000

Le distanze delle colonne 2, 3, 4 possono essere diminuite della metà se il deposito è difeso da traverse o consimili ostacoli, costruiti con le norme del Cap. 1 del Regolamento o da terrapieni.

Nella stessa località possono impiantarsi dal medesimo titolare, due o più depositi di quintali 800 ciascuno, a condizione che siano contornati da terrapieni. Fra loro però deve correre una distanza non

minore di m. 100. Per ciascuno devono essere osservate le distanze determinate dal prospetto sopra scritto.

Coloro che devono impiegare esplosivi in limitate quantità, per evitare disturbi, possono utilizzare depositi per non più di Kg. 200 di 1ª e 2ª categoria. La licenza per tali depositi può essere autorizzata dal Prefetto, purchè siano situati o in locali isolati o in casotti di legno ignifugato. In questi depositi è consentito mettere anche 2000 capsule.

Per tali impianti non è necessaria la visita della Commissione Provinciale, ma bisogna rispettare le distanze di sicurezza fissate per i depositi da 2 a 5 Q.

I depositi temporanei per lavori agricoli destinati a contenere non più di 10 Q. di esplosivi di 1ª e 2ª categoria, possono essere costituiti da casotti smontabili di legno ignifugato, secondo il tipo approvato dal Ministero dell'Interno. Per impiantare tali casotti è necessaria soltanto la preventiva autorizzazione del Prefetto. **Qualora dal deposito venisse trafugato esplosivo, il proprietario ha l'obbligo di denunciarlo immediatamente ai carabinieri o alla polizia.**

Trasporto esplosivi da mina - Il trasporto degli esplosivi di 2ª categoria (esplosivi da mina) fino a 5 Kg., di 3ª categoria (detonatori) fino a 50 capsule può essere autorizzato dal Prefetto senza alcun vincolo di sorta. Invece per quantitativi maggiori occorre apposita *licenza di trasporto,* per il rilascio della quale è necessario il « nulla osta » dell'Autorità di P.S. del Circondario da cui dipende il deposito destinatario. Nell'ordinazione occorre perciò sempre indicare in modo preciso l'ubicazione e il titolare del deposito.

L'automezzo che trasporta l'esplosivo può caricare soltanto i 2/3 della sua portata e deve essere accompagnato da una Guardia Giurata. I detonatori non possono viaggiare insieme alla dinamite e comunque esplosivi di categorie diverse non possono essere trasportate sullo stesso automezzo, il quale, a sua volta, deve essere collaudato per « **trasporto esplosivi** ». Per i trasporti via mare e ferrovia vi sono appositi regolamenti e cambiano anche le categorie.

BREVE CENNO SUI REGOLAMENTI PER LA COSTRUZIONE DEI REPARTI DI LAVORAZIONE E DEI DEPOSITI ESPLOSIVI

Le distanze minime alle quale debbono trovarsi tra loro i reparti di lavorazione esplosivi debbono essere calcolate applicando la formula:

$$d = K \sqrt{C} \quad \text{da cui } C = \frac{d^2}{K^2}$$

nella quale **d** rappresenta la distanza in metri delle sue parti più vicine dei due laboratori in questione, **C** la quantità in Kg. di esplosivi di massima che può essere ottenuta nel laboratorio, **K** un coefficente numerico che dipende dalla

natura dei prodotti contenuti nei laboratori e che assume i seguenti valori:

Materie innescanti, fulminati di mercurio e d'argento secchi, azotidrati e stifnati di piombo o d'argento umidi e secchi e loro miscele . $K = 3$

Nitroglicerina, dinamiti a base di nitroglicerina, pentrite, T_4 secchi con meno del 12% di acqua o del 4% di sostanze flemmatizzanti non volatili, esplosivi al clorato e perclorato . . . . $K = 1$

Acido picrico e sue miscele . . . . $K = 0,8$

Tritolo, polvere senza fumo alla nitroglicerina e alla nitrocellulosa pura, T_4 e pentrite con almeno il 12% di acqua oppure il 4% di sostanze flemmatizzanti non volatili . . . . $K = 0,6$

Esplosivi costituiti prevalentemente da nitrato ammonico e polvere nera $K = 0,3$

Se i locali sono cintati da terrapieni le distanze ricavate dalla formula sono ridotte alla metà per cui si ha:

$$C = \frac{D^2}{\left(\frac{K}{2}\right)^2}$$

I depositi di fabbrica destinati al ricovero dei prodotti esplosivi devono essere situati a non meno di 100 m. dal laboratorio più vicino, a meno che non trattasi di magazzini costituenti un unico deposito. La formula da applicarsi è sempre la stessa:

$$d = K\sqrt{C}$$

in cui **d** è la distanza in metri da ricercarsi, **C** è il quantitativo di esplosivo espresso in Kg. contenuto nel magazzino e **K** è un coefficiente numerico che varia con la natura dell'esplosivo i cui valori sono:

Detonatori e capsule al fulminato e all'azotidrato di piombo e argento $K = 1,5$

Dinamite a base di nitroglicerina, balistite in polvere o in grani tanto minuti da servire per inneschi, esplosivi al clorato e perclorato, pentrite, T_4 con meno del 12% di acqua o del 4% di sostanze flemmatizzanti non volatili, bombe chiuse senza il detonatore primario, ac. picrico e sue miscele . . . . $K = 0,5$

Tritolo, pentrite, T_4 con almeno il 12% di acqua, oppure con almeno il 4% di sostanze flemmatizzanti non volatili, se allo stato secco, esplosivi risultanti da miscele di nitrati con o senza tritolo, polveri di lancio alla nitroglicerina e alla nitrocellulosa, polvere nera e in genere esplosivi di 1ª categoria . . . . $K = 0,4$

La quantità di esplosivo contenuto in ciascun magazzino, non deve eccedere 20.000 Kg. di materie o miscele esplosive della 1ª o 2ª categoria, oppure 3.000 di quelle della 3ª categoria.

P. S. - Per altri particolari si rimanda al Testo Unico e Regolamento di P.S., e ai due libri editi rispettivamente nel 1969 e 1971 riguardanti « Gli Esplosivi » e « Depositi di Esplosivi » di Paolo Macchi dell'Editore Pirola di Milano.

PARTE DECIMA

POLVERI - PALLINI - CARTUCCE - BOSSOLI CAPSULE DA CACCIA E LORO COLLAUDI

CAPITOLO PRIMO

POLVERI E PALLINI DA CACCIA

POLVERI DA CACCIA

Le polveri senza fumo, come abbiamo visto precedentemente, si distinguono, secondo la loro composizione, in quelle senza nitroglicerina e in quelle con nitroglicerina e, secondo l'uso, in quelle da guerra e da caccia. Di quelle da guerra ho già parlato a pag. 185 e seguenti. Ora farò un breve cenno su quelle da caccia.

Le polveri da caccia si possono dividere in due categorie: *senza nitroglicerina o alla nitrocellulosa e con nitroglicerina.*

Fabbricazione - Come già detto, la fabbricazione delle polveri senza fumo avviene per sommi capi in questo modo:

1) Per polveri senza nitroglicerina, si disidrata anzitutto la nitrocellulosa preferibilmente spostandone l'acqua mediante trattamento con alcool in centrifughe o in presse, si mescola con gli altri eventuali componenti, si introduce il miscuglio in macchine impastatrici aggiungendovi il solvente e si impasta bene il tutto finchè la gelatinizzazione è completa, cioè la massa ha acquistato una plasticità e omogeneità convenienti. La pasta o galletta viene poi passata alla trafila o al laminatoio e i filamenti o le lamine, mediante apposite macchine, vengono tagliate nelle dimensioni volute.

Però molte polveri da caccia vengono fabbricate con residuati di guerra. Tali residuati di polveri alla nitrocellulosa, dopo accurata scelta e dopo averne studiato bene la composizione, vengono messe in impastatrici con solventi adatti, generalmente acetone o acetone e alcool e miscugli simili, non escluso l'etere.

Dopo la laminazione o la trafilazione e conseguente taglio, le polveri vengono lavate in acqua allo scopo di eliminare un po' di solvente e i nitrati, qualora ne contengano. Infatti qualcuno, allo scopo di rendere la polvere più vivace, aggiunge l'1-2% di nitrato di potassio o sali simili in polvere o in soluzione acquosa. Dopo il lavaggio le polveri ven-

gono portate in appositi essiccatoi alla temperatura di 40-45° per l'eliminazione di tutto il solvente e per l'asciugamento.

Per rendere le polveri più scorrevoli e meno igroscopiche, si possono grafitare in apposite botti tutte lisce all'interno e quindi setacciarle.

La fabbricazione della polvere da caccia, quantunque sembri molto semplice, non lo è; ha bisogno di molta attenzione poichè una minima variazione di composizione o di taglio, può influire sui dati balistici. Infatti la fabbricazione è bene sia divisa in lotti di un dato numero di chilogrammi (100-200 Kg), in modo che qualora un lotto, dopo la effettuazione delle prove che vedremo più avanti, non risponda ai requisiti richiesti, si possa correggere con un altro avente dati balistici opposti.

Una polvere da caccia, prima di essere messa in commercio è bene abbia almeno sei mesi di stagionatura.

La parte più pericolosa della sua fabbricazione consiste oltre che nell'essiccamento e nella grafitatura, se grafitata, specialmente nel setacciamento. Tutte queste operazioni devono essere fatte con macchine messe a terra, poichè la polvere si elettrizza facilmente, incendiandosi. Più di una volta all'autore è capitato di avvicinare le mani alla polvere durante il setacciamento e di vedersela attaccare alle mani come se queste fossero calamitate. Tale inconveniente succede specialmente quando l'atmosfera è tersa e senza umidità, nel qual caso è bene inaffiare per terra. Anche la manipolazione per la mescolanza dei lotti e lo scatolamento, devono essere fatti con molta cura e con pochissimo esplosivo e personale nel locale. Il personale deve calzare scarpe con suole di gomma o di tela o di legno e scaricarsi frequentemente dell'elettricità statica appoggiando le mani su lastre di alluminio messe a terra.

2) Per le polveri con nitroglicerina la fabbricazione si identifica con quella già descritta nel capitolo delle nitrocellulose a pag. 185. Anche di queste polveri alla nitroglicerina, alcune vengono fatte con balistite di ricupero nel qual caso o la balistite viene piallata in sottilissime sfoglie e poi impoverita di nitroglicerina mediante appositi apparecchi in cui circola benzolo o viene rammollita mediante riscaldamento e poi passata sotto apposite calandre per essere portata allo spessore desiderato e quindi tagliata in quadratini o circoletti.

Alle polveri alla nitrocellulosa completamente gelatinizzate per scioglimento in alcool-etere di pirocollodione al 12,5% di Azoto e non granulari, che sono fabbricate tutte presso a poco nel modo sopra descritto, appartengono tra le altre, la **Mullerite belga**, la **T** e la **M** francesi, la **Rottweil** tedesca, le inglesi **Diamond, Neoflak**, le italiane **Littoria, M.B., Sidna, C., Orion, G.P., Star, Aster, J KG, Anigrina lamellare, L 71, SLC, Aquila, ecc.**

Alle polveri gelatinizzate granulari a grani irregolari perchè si opera meccanicamente, appartengono, tra le altre, la **Walsrode tedesca** e la **Boceda** italiana, ambedue ad alta densità; alle stesse, ma a **grani di solito arrotondati** perchè la polvere viene fabbricata granulando la pasta in movimento o per mezzo del vapor d'acqua o per aggiunta di un liquido non miscibile col solvente, appartengono la polvere **J** francese, l'**Universal** italiana ed altre.

Alle polveri di tipo Schultze a solvente volatile e a gelatinizzazione parziale formate da nitrocotoni fibrosi sciolti in alcool-etere con aggiunta di sali ossidanti o esplosivi o sostanze combustibili (nitrati, bicromati, picrati, resine, ecc.) agglomerati con sostanze coesive come colle, gomme, ecc. e granulati o arrotondati con mezzi meccanici, di solito anche questi in presenza di acqua che viene poi eliminata per essiccamento, appartengono oltre alla **Schultz**, alla **E C N. 3** e alle **Empire** inglesi, le italiane **Acapnia, Fulgor, Excelsior, Randite, Sport** ed altre. La presenza delle sostanze aggiunte, nitrati, colle, ecc. è necessaria per regolarizzare la combustione dei nitrocotoni riducendone la vivacità propria.

Alle polveri contenenti nitroglicerina o solvente fisso cioè alle balistiti per caccia che sono tutte lamellari ottenute per successive calandrature sino a raggiungere lo spessore voluto che generalmente non supera i mm. 0,15 con mm. da 0,6 a 1,5 di lato, appartengono tra le altre, la **Balistite Nobel** inglese, la S_4, la **SIPE**, la **Royal**, la **BPD** ecc.; **e a quelle a basso titolo di nitroglicerina e a solvente misto**, la **Iris**, la **Rapid**, la **Superbalistite**, la **D.N.**, la **SIEM**, la **Norge**, ecc.
La fabbricazione di alcune polveri di questo tipo, si ottiene piallando con getto d'acqua la balistite, estraendo con benzolo la nitroglicerina fino a lasciarne una piccola percentuale, setacciandole e colorandole o grafitandole e facendole quindi essiccare e stabilizzare per qualche mese. Voglio precisare che molte delle polveri sopra citate non sono più in commercio in quanto sono state sostituite da altre. Fino a poco tempo fa l'Italia era una delle nazioni dove si fabbricavano più tipi di polveri da caccia, alcune delle quali veramente buone. Attualmente sono in commercio anche altre polveri alla nitrocellulosa quali la **OK**, la **F₂**, la **NC**, l'**ALFA**, la **COOPPAL EXCELSIOR**, e poi la **G.L.**, **Normal Bleu**, ecc.

TABELLA 79

COMPOSIZIONE DI ALCUNE POLVERI A BASE DI NITROCELLULOSE PURE

Tipo di polvere	COSTITUENTI %							
	Nitrocellosa		Nitroglicerina	Derivati nitrati	Stabilizzanti	Altri componenti	Umidità	Solvente
	Solubile	Insolub.						
Polvere da caccia inglese E.C. . . .	28	26	—	38 KNO_3	2 canfora	4 cellulosa	1,5	0,5
Polvere Francese J .	81,5	81,5	—	—	—	17 Bicromato NH_4	1,5	—
Polvere da caccia tedesca	80	80	—	10 Ba $(NO_3)_2$	—	8 vasellina	2	2
Polvere Franc. Bam 8	26	65	—	—	8 alcool amilico	—	1	—
Polvere Franc. B. N.	30	40	—	18 Ba $(NO_3)_2$ 8 KNO_3		2 Na_2 CO_3	1	1
Polvere Americana .	97	—	—	—	1 difenilammina	—	0,5	1,5
Polvere Tedesca in tubi	—	97	—	—	2 centralite	—	1	1
Polvere Tedesca di manovra	—	70	—	23 Ba $(NO_3)_2$ 5 TNT	—	2 Bicromato K		

Ecco alcune caratteristiche di tali polveri considerando che per es. la **J** è adoperata in 4 tipi differenti: N. 0 per cartucce a palla, N. 1 e 2 per cartucce a piombo, N. 3 per revolver.

	N. 0	1	2	3
N. dei grani per gr. . . .	300	600	1250	2000
Densità reale	1,620	1,590	1,560	1,435
Densità gravimetrica . . .	0,740	0,710	0,680	0,530

Tutte queste polveri possono avere in media il 3% di umidità. Danno fumo leggero, bruno, che svanisce rapidamente. Il residuo in minima quantità è verde, ma non aderisce alla canna del fucile (H.A. Eviaux - Manuel de l'Artificier).

TABELLA 80
SPARO DELLA POLVERE **T** FRANCESE NEL CAL. 12
(Da studi del gen. Journée)

Peso dei pallini n. 7	28 gr.		32 gr.		36 gr.		40 gr.		Palla sferica da 37 gr.	
Peso della polvere T in gr.	Vo	P	Vo	P	Vo	P	Vo	P	Vo	P
2,0	363	200	351	300	335	400	318	590	330	400
2,5	428	290	412	410	386	560	364	740	397	480
3,0	482	390	458	540	440	740	420	1060	441	580
3,5	526	490	498	680	479	930	468	1300	493	706
4,0	526	490	498	680	479	930	468	1300	535	880
5,0	526	490	498	680	479	930	468	1300	600	1480

Vo = velocità iniziale in metri
P = pressione in Kg. per cm^2.

TABELLA 81
SPARO DELLA POLVERE **M** NEL CAL. 12

Peso della polvere	Peso del piombo	Lotto 6-1920		Peso del piombo	Lotto 1-1918	
		Vo	P		Vo	P
grammi	grammi			grammi		
2,0	32	290	120	36	291	350
2,5	32	340	190	36	360	520
3,0	32	384	310	36	416	790

Formule di Polveri francesi preparate dal Governo (dal «Manuel de l'Artificier» di H. A. Evieux ed. Baillière):

Polvere S granulare: Cotone collodio 28%, Fulmicotone 37%, Nitrato di Bario 29%, Nitrato di Potassio o di Antimonio 6%.

Polvere J granulare: Fulmicotone 83%, Bicromato di Potassio 17%.

POLVERE NERA DA CACCIA

La polvere nera da caccia si fa come la polvere da mina della quale ho già parlato, cambia soltanto la composizione e la granitura. Infatti la polvere nera da caccia ha una formula che oscilla fra il 75% e il 78% di nitrato di potassio, il 12 e il 15% di carbone e il 9-12% di solfo. I grani sono minutissimi per cui il setacciamento è molto laborioso.

Essa ha una velocità $V_{10} = 280$ m/s e una pressione di 250 atm. *Per V_{10} si intende che la velocità dei pallini,* come vedremo più avanti, *viene calcolata a 20 m. dalla bocca del fucile.* La carica per il cal. 12 si aggira sui 5 gr. La carica di piombo per tale polvere deve essere tenuta bassa.

Ormai l'uso della polvere nera da caccia è molto limitato e quindi non ritengo opportuno dilungarmi su tale punto. Farò soltanto presente che l'innescamento della polvere nei fucili, così detti a retrocarica, avviene mediante delle capsule generalmente al fulminato che servono anche per i giocattoli dei fanciulli e che sono formate da un cilindretto di ottone rigato per cui vengono dette «**capsule rigate**», sulle quali batte il cane del fucile. La fiamma che produce la capsula che viene infilata su una specie di incudinetta con un foro centrale che comunica con la camera di scoppio del fucile, incendia la polvere nera che antecedentemente era stata messa nella canna del fucile con i pallini e che era stata pressata con un apposito calcatoio. La polvere incendiandosi esplode provocando l'uscita dei pallini e un discreto fumo.

MECCANISMO FUNZIONALE DELLE POLVERI DA CACCIA

Ritengo opportuno dare un'idea di come avviene la combustione di una polvere.

Comincerò a parlare della polvere nera da caccia in quanto, come già detto, è la più antica pur essendo ora quasi abbandonata per le seguenti ragioni: essa è più igroscopica delle polveri senza fumo e quindi più sensibile alle variazioni atmosferiche, fa troppo fumo, è troppo rimbombante allarmando così la selvaggina aggirantesi nelle vicinanze, è di odore troppo persistente per cui crea il vuoto attorno agli appostamenti.

Penso sia interessante spiegare brevemente il fenomeno dell'esplosione. Tutti sanno che ogni sostanza combustibile ha bisogno, per bruciare, della presenza di ossigeno che, come è noto, è il principale componente dell'aria.

Ora l'aria e l'ossigeno sono corpi comburenti, mentre il legno, il carbone, lo zolfo, l'idrogeno sono combustibili. Perchè quindi la combustione e l'ossidazione si compia, occorre che sia nella polvere nera che nelle polveri senza fumo, siano presenti comburenti e combustibile (polvere da caccia), una causa iniziatrice che provochi la combustione (capsula) e che porti la temperatura del combustibile ad un valore tale che questo si incendi.

La combustione a sua volta, si effettua più o meno rapidamente a seconda della quantità di tempo impiegata dalle molecole ad incontrarsi dando così origine alla **pressione.**

Concludendo, la polvere quindi non è che il combustibile e l'aria il comburente che, allo scoppio della capsula, si combinano accelerando la velocità di propagazione della combustione rendendola più completa e sfruttandola maggiormente (pressione sviluppata dalla polvere nella camera del fucile).

Ora spiegherò dove la polvere trova l'ossigeno per accendersi. La polvere nera, come abbiamo precedentemente scritto, è composta di carbone, solfo e nitrato di potassio. Ora, mescolando carbone e zolfo, questi, accesi all'aria, bruciano molto lentamente. Ma se noi, a questi due composti aggiungiamo del nitrato di potassio in polvere finissima, otteniamo un esplosivo, e cioè la polvere nera, capace di bruciare rapidamente anche fuori del contatto dell'aria, in quanto il nitrato di potassio che nella sua molecola contiene gr. 0,396 di Ossigeno glielo cede sotto l'impulso della temperatura data dalla capsula. Tale ossigeno si libera andando ad ossidare carbone e zolfo che, bruciando rapidamente, essendo il volume a disposizione limitato, sviluppano una forte pressione formata da sostanze grasse (anidride solforosa e carbonica) che occupa un volume centinaia di volte superiore alle sostanze solide dalle quali deriva.

Tali gas inoltre sono notevolmente dilatati dalla temperatura elevata. Infatti se noi pensiamo che per ogni 273° il volume raddoppia, o, non raddoppiando il volume, raddoppia la pressione, ci renderemo conto dell'effetto che i due gas sopra menzionati, anidride solforosa e carbonica, esercitano sulla borra e sui pallini di una cartuccia, unici elementi che possono spostarsi sotto la spinta dei gas. Questo importante principio di termodinamica ci spiega perchè, ad esempio, la polvere nera per mina analiticamente fornisca un potenziale di 300 dinamodi ed il tritolo appena 280 mentre sappiamo che il tritolo determina effetti grandemene superiori. Nella polvere nera purtroppo, durante la combustione, si formano delle sostanze solide che vanno a detrimento delle quantità dei gas svolti assorbendo calorie e dando origine al fumo.

Nelle polveri senza fumo, tali inconvenienti non si verificano in quanto sono formate da nitrocellulose, nitroglicerina ed altre sostanze che non danno luogo a residui solidi e che quindi hanno la possibilità di rendere il massimo. Non si è molto lontani dal vero se si afferma che in ciascuna molecola che li compone, è contenuta la funzione combustibile formata da carbonio e idrogeno unitamente alla funzione comburente.

Mi sembra interessante riportare una figura tratta da « Balistica Venatoria » del dr. Corsi edita nel 1949 riproducente la progressività geometrica di combustione dei grani di polvere. Un grano sferico suscettibile di iniziare la combustione dal centro, formerebbe un'emissione gassosa sempre crescente via via che si consuma (fig. 168).

Come abbiamo già visto precedentemente, le polveri senza fumo, sono formate da nitrocellulosa unita ad altre appropriate sostanze. Le due nitrocellulose più usate sono *il cotone collodio e il fulmicotone.* Il primo è meno ricco di gruppi nitrici e solubile in nitroglicerina e nella miscela alcool etere; il secondo non solubile nei sopra citati solventi, è più ricco di gruppi nitrici e solubile, come del resto anche il cotone collodio, in acetone.

Ambedue i cotoni sopra menzionati, avendo una combustione rapi-

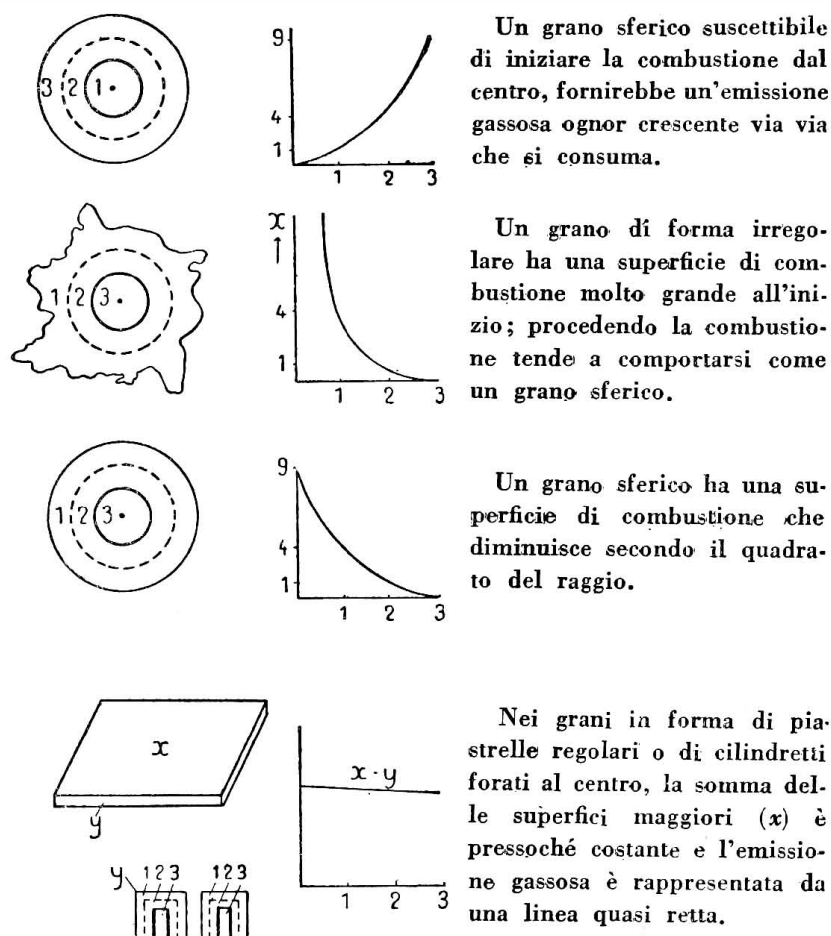



FIG. 168 - Progressività geometrica di combustione dei grani di polvere.

dissima, non possono essere adoperati da soli per cui occorre gelatinizzarli in alcuni solventi, quali l'acetone, la nitroglicerina, l'alcool, l'etere, ecc. che rendono tali cotoni una massa gelatinosa plastica e compatta di aspetto corneo se trattati con nitroglicerina (balistite), per cui la struttura del cotone scompare e la velocità di combustione diminuisce moltissimo. Inoltre tale velocità, cosa questa importantissima, si può regolare a piacere dando ai grani dimensioni e forme diverse.

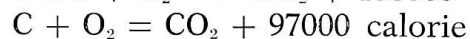
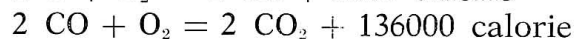
Le polveri vengono generalmente divise in « **polveri fredde o a combustione incompleta** » che sono più vivaci, e « **polveri calde o a combustione completa** », meno vivaci.

Le prime sono quelle che, possedendo la nitrocellulosa una quantità di comburente, cioè una quantità di ossigeno insufficiente alla completa trasformazione del carbonio in anidride carbonica, originano tra i gas di esplosione una forte quantità di composto ossidato al minimo che è l'ossido di carbonio. Dato che i composti ossidati al minimo bruciano ancora e generano calore, la nitrocellulosa e le polveri che da essa derivano svolgono meno calore di quello che competerebbe al loro

contenuto di carbonio, per cui prendono il nome di « polveri fredde ».

La nitroglicerina invece racchiude in sè una tale quantità di ossigeno sufficiente a bruciare tutto l'eccesso di carbonio delle nitrocellulose ed è in tal modo che si ottengono le polveri alla nitroglicerina, le quali svolgono tutte le calorie corrispondenti al complessivo contenuto di carbonio e sono quindi dette « a combustione completa » o « calde ».

Se l'ossigeno è in eccesso, la reazione è fortemente esotermica e, semplificando al massimo le equazioni reattive, vedremo che la tonalità termica riferita alle grammo molecole o ai grammi atomi che vi compaiono sarà:

$$2\ C + O_2 = 2\ CO + 5800 \text{ calorie}$$
$$2\ CO + O_2 = 2\ CO_2 + 136000 \text{ calorie}$$
$$C + O_2 = CO_2 + 97000 \text{ calorie}$$
$$2\ H_2 + O_2 = 2\ H_2O \text{ (vapore)} + 116000 \text{ calorie}$$

Le polveri a combustione completa daranno il massimo rendimento, ma l'azione combinata dell'Ossigeno e della temperatura, eroderanno di più la canna del fucile. Se l'ossigeno è in difetto, avremo carbonio libero che annerirà la canna, mentre il rimanente viene a legarsi con l'Ossigeno sotto forma di CO prima e poi di CO_2. Per tale combinazione endotermica, e durante il riscaldamento dei residui carboniosi, una porzione dei residui dell'esplosivo viene dissipata sotto forma di calore senza alcuna resa. Questo è il caso delle polveri a « combustione incompleta » che sono preferibili, entro certi limiti, perchè determinano una temperatura di esplosione minore e la combustione avviene in regime riducente anzichè ossidante e questo torna a tutto vantaggio della canna.

Ecco quindi spiegato in breve il meccanismo della combustione e dell'esplosione di una polvere da caccia.

PROVE DI COLLAUDO DELLE POLVERI DA CACCIA PRESSIONE - VELOCITA' NORME PER IL CARICAMENTO DELLE CARTUCCE

Umidità della polvere - Su una bilancia di precisione si pesano gr. 5 di polvere, si mettono in stufa a 50°. Dopo quattro ore si pesano fino a peso costante. L'umidità non deve superare per qualsiasi polvere l'1%.

Pressione nel fucile - Il metodo correntemente impiegato per la determinazione delle pressioni sviluppate dalla cartuccia, si basa sulla misura dello schiacciamento che subisce un cilindretto di rame chimicamente puro (elettrolitico), esattamente calibrato in diametro e in altezza e precisamente tarato detto « **crusher** ».

Per tale prova e per quella di velocità che vedremo in seguito, si usa la così detta « **canna manometrica** » (fig. 169) che consiste in una grossa e robusta canna da fucile per poter resistere anche a forti pressioni e che porta a 17 mm. dal vivo di culatta un foro filettato nel quale si avvita il così detto « **manometro crusher** » (fig. 170) costituito in sostanza da una cavità cilindrica entro cui scorre,

a perfetta tenuta, un pistoncino; questo trasmette la pressione che i gas di esplosione a loro volta trasmettono sulla sua base inferiore al già descritto cilindretto di rame alloggiato nell'interno del manometro tra il pistoncino e una vite di blocco

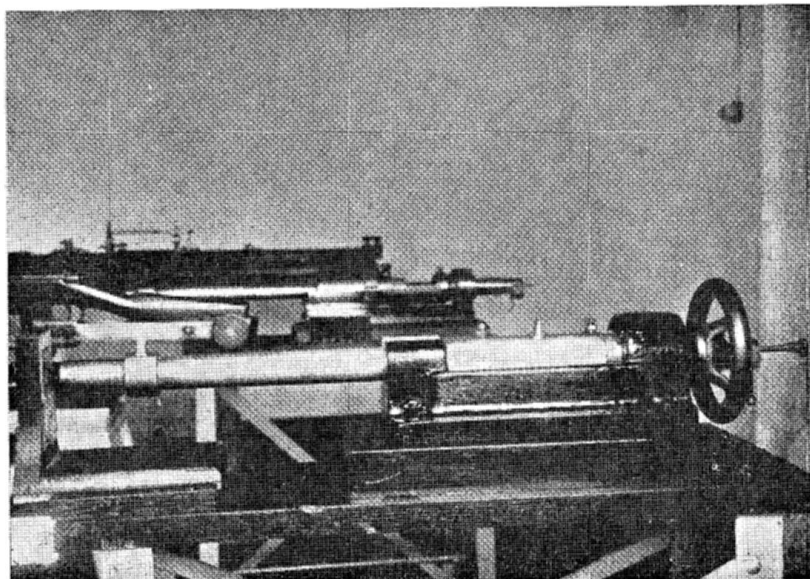



FIG. 169 - Canna manometrica.

sovrastante. Con questo apparecchio, risalendo dagli schiacciamenti misurati sul cilindretto di rame ai corrispondenti valori tabulari, si può determinare la pressione massima così detta di culatta o pressione statica generatasi durante il tiro. Quasi tutte le canne manometriche recano un manometro anche a 162 mm. dalla

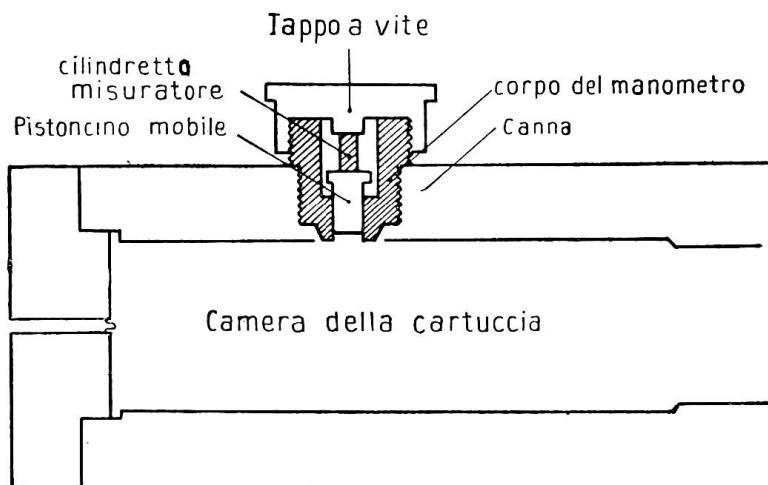



FIG. 170 - Particolare della culatta di una canna manometrica.

culatta. Ve ne sono alcune che hanno parecchi manomeri in modo che si possono fare diverse misure mano mano che si ci allontana dalla camera di scoppio. Diagramma 14.

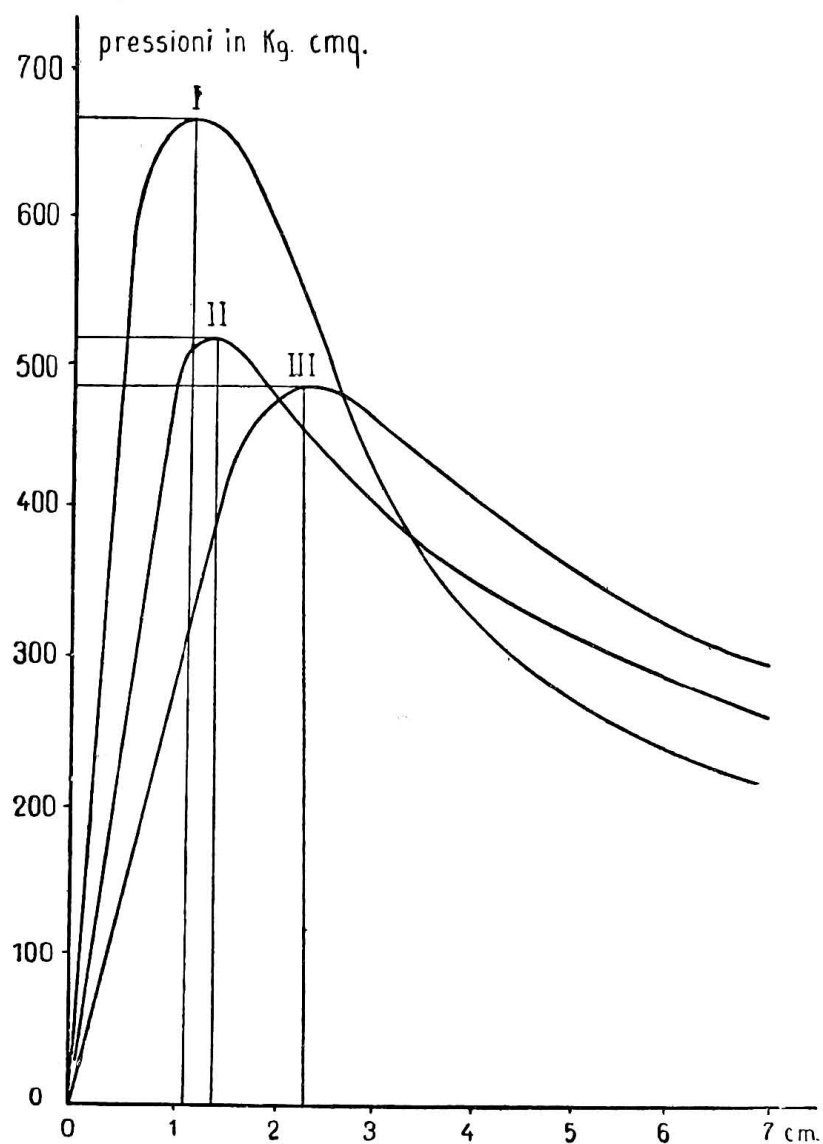
DIAGRAMMA 14

Ecco alcuni dati su varie polveri da caccia, sempre con carica massima, bossoli comuni con capsula 6,45, pallini N. 6 gr. 35. Canna di prova modello internazionale cal. 12. Pressione barometrica 755 mm. Temperatura dell'aria 18°, umidità relativa 45. Si tenga presente che le medie riportate hanno valore soltanto per i lotti di polvere usati nelle prove e per le cariche indicate. (Da « Balistica venatoria del dr. Corsi) (Tab. 82 A e 82 B).

TABELLA 82 A
BOSSOLI COMUNI

Pm = pressione media. V_{10} = Vel. a 20 m. Vo = Vel. alla bocca.
Sp = Scarto pressione. Sv = Scarto velocità.

Polvere	Gr.	Piombo Gr.	Pm	V_{10} m	Vo	Sp	Sv
Italiana . .	2,10	35	418,6	307,1	370,6	37,6	4,76
Littoria . .	2,20	35	370,1	309,1	373,1	37,0	4,31
Walsrode . .	2,10	35	515,7	307,0	369,8	24,6	4,51
Fonda . . .	1,90	35	304,5	285,1	338,1	40,9	4,36
Universal . .	2,20	35	351,3	281,3	332,7	32,2	5,77
Balistite Nobel	1,80	35	471,3	311,4	376,7	22,8	5,68
Sipe . . .	1,80	35	498,3	316,1	383,7	17,3	2,65
S_4	1,75	35	459,2	306,7	369,4	18,2	4,20
B.P.D. . . .	1,80	35	263,6	274,2	325,5	70,2	9,94
D.N. . . .	1,90	35	567,3	334,7	411,6	29,9	14,54
Orion . . .	2,10	35	352,2	311,9	380,2	22,3	3,30

TABELLA 82 B
BOSSOLI CORAZZATI

Polvere	Gr.	Piombo Gr.	Pm	V_{10} m	Vo	Sp	Sv
Rottweil . .	2,20	35	255,0	287,9	343,4	26,4	5,65
Italiana . .	2,10	35	528,9	316,7	386,4	17,7	3,12
Littoria . .	2,20	35	540,0	318,9	389,8	12,4	3,84
Walsrode . .	2,10	35	578,3	314,9	383,6	34,5	3,52
Fonda . . .	1,90	35	442,6	297,4	357,7	28,2	3,62
Universal . .	2,20	35	399,3	287,5	342,9	17,0	3,80
Balistite Nobel	1,80	35	471,2	309,7	375,8	17,9	5,14
Sipe . . .	1,80	35	529,1	317,0	386,9	21,3	4,47
S_4	1,75	35	532,6	312,2	379,7	32,4	3,82
B.P.D. . . .	1,80	35	393,9	294,4	353,2	36,1	4,26
D.N. . . .	1,90	35	594,6	336,3	417,1	37,7	7,30
Orion . . .	2,10		522,4	318,2	388,5	18,1	3,64

Le pressioni dipendono dalle caratteristiche delle polveri, ma per una stessa polvere esse variano in relazione alla carica di essa, al profilo del fondello del bossolo, al peso della carica dei pallini, alla compressione esercitata sul complesso degli elementi di borraggio, all'orlatura della cartuccia, alla potenza dell'innesco e alla temperatura della polvere.

Analizziamo uno per uno questi elementi e vedremo quale grande importanza essi hanno (vedi diagrammi 14-15).

Aumentando la quantità della polvere si aumenta la quantità di prodotti gassosi e di calorie erogate nell'unità di tempo e di conseguenza le pressioni erogate ad ogni istante ed in ogni punto dell'intera lunghezza della canna.

L'aumento della carica di piombo, accrescendo la massa del proiettile, ne accresce l'inerzia, il che significa un ritardo nel movimento dello stesso, perchè

lo spazio in cui in ogni data frazione di tempo i gas si trovano compressi, viene ad essere ridotto con la conseguenza che la pressione aumenta.

Il profilo del fondello e la capacità dello stesso esercitano un'influenza molto accentuata sulle pressioni con sbalzi che, da prove che ho potuto eseguire, possono raggiungere le 50-70 atm.

La quantità e il peso del borraggio e la compressione di assestamento su di esso praticata, sono anch'essi fattori che influiscono sulle pressioni, peggiorando anche la rosata.

Circa la compressione delle polveri si tenga presente che vanno compresse solo quelle polveri dure d'accensione e troppo progressive, ma per quelle molto vivaci o fragili che si disgregano facilmente, le compressioni forti sono da sconsigliarsi.

L'orlatura della cartuccia che può essere più o meno alta e più o meno forte, richiede, per aprirsi, uno sforzo più o meno grande e si comporta rispetto alla pressione, come un ritardo dovuto all'inerzia maggiore o minore della carica dei pallini.

Col diminuire delle dimensioni dei pallini aumentano un poco le pressioni in quanto aumenta l'attrito contro le canne all'atto dello sparo.

La temperatura che la polvere ha al momento dello sparo e quella dell'atmosfera hanno grandissima influenza. Da esperienze del Generale Journée si può dedurre che un aumento di 10° può aumentare la pressione fino ad un decimo del suo valore, e così dicasi per la diminuzione; e questo vale per qualsiasi tipo di polvere, dalle migliori alle peggiori con differenze naturalmente un po' diverse a seconda della marca e del tipo della polvere

Limiti massimi delle pressioni - Presso i banchi di prova, in uno schema di regolamento relativo al controllo ufficiale delle munizioni sono fissati i seguenti dati:

575 Kg. cm.² (media) per le cartucce di lunghezza nominale di mm. 65-70 dei calibri 12 e 16.

625 Kg., cm.² (media) per le cartucce extra lunghe dei calibri 12 e 16 e per quelle di lunghezza corrente dei cal. 20 e 24.

Inoltre nessun colpo singolo della serie deve superare i 625 Kg. per cm.² nel primo caso e i 675 nel secondo caso. Pressioni superiori devono considerarsi pericolose.

Velocità dei pallini - Tale determinazione si effettua correntemente presso i banchi di prova misurando il tempo impiegato dalla carica di piombo del N. 7 inglese corrispondente al diametro di mm. 2,55, a percorrere un dato spazio che generalmente è di 20 m. Lo strumento che correntemente viene usato è il cronografo Le Boulangé (fig. 171) che è basato sul seguente principio: si abbiano due circuiti elettrici comprendenti ciascuno una batteria di accumulatori e un elettromagnete. Il primo circuito si chiude attraverso un filo di rame del diametro di mm. 0,45 teso davanti alla bocca del fucile (cambiando il diametro si possono verificare errori), e il secondo su di un debole contatto, detto **interruttore ad inerzia**, montato al riparo di una piastra (fig. 172) di ferro posta sulla linea di tiro del fucile ad una distanza stabilita dalla bocca di esso che, come abbiamo detto, generalmente è di 20 m. Quando si fa partire il colpo, la carica di piombo spezza il filo di bocca aprendo così il primo circuito e, colpendo poi la piastra di ferro, provoca l'apertura istantanea dell'interruttore ad inerzia del secondo circuito (fig. 173). Il primo circuito e così pure il secondo, hanno un'elettrocalamita. A tali elettrocalamite sono sospesi due gravi consistenti in due aste. Il primo ha una lunga asta cronometrica che, all'apertura di corrente causata dalla partenza del colpo, si stacca e cade liberamente; così pure cade all'arrivo della carica sulla piastra un

DIAGRAMMI 15-16

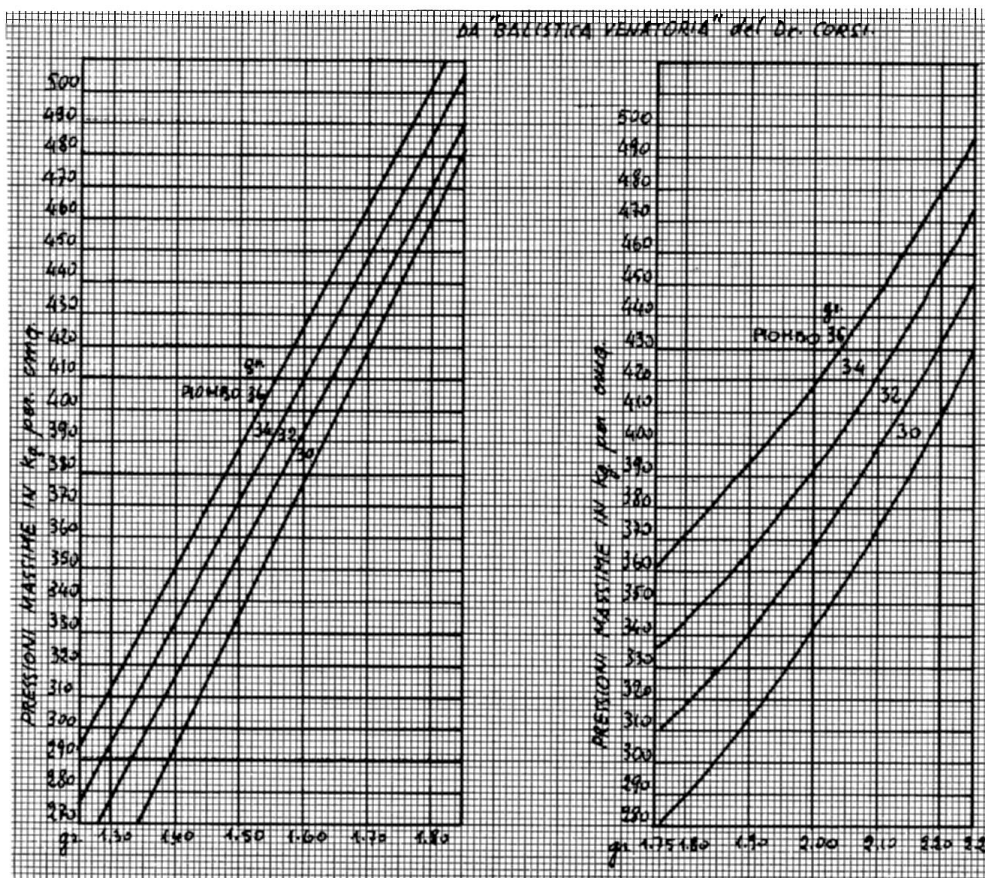



Diagramma N. 15 - Variazioni delle pressioni con le cariche nel caso di una balistite 0,8×0,8×0,15 a carica massima di gr. 1,80 nel cal. 12. Bossolo comune a fondo conico a capsula 6,45, borraggio di feltro grassato. Temp. aria = 18°. - **Diagramma N. 16** - Come la precedente, soltanto per polvere alla nitrocellulosa gr. 2,20 cal. 12.

secondo grave sotto forma di un'asta più corta detta cronografica sostenuta fino allora dall'elettrocalamita inserita nel secondo circuito. Questo secondo grave cadendo su una molla, imprime per il suo tramite una tacca sull'asta del primo grave la cui caduta si è iniziata precedentemente alla partenza del colpo e questa tacca si troverà a maggiore o minore altezza sull'asta a seconda del tempo intercorso tra lo sparo dell'arma e l'arrivo dei pallini.

Prima di sparare occorre sempre stabilire lo zero dell'apparecchio facendo cadere simultaneamente i due gravi (**punto di disgiunzione**), la differenza tra la tacca zero e quella incisa durante lo sparo che si misura mediante un apposito calibro, esprimerà la durata del tragitto dei pallini. Apposite tabelle ricavate dalle formule:

$$T = \sqrt{\frac{2\,h}{g}} \quad \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

dove:

T = tempo impiegato dai pallini a percorrere lo spazio;
H = altezza di caduta totale cioè la lettura della tacca;
h = disgiunzione;
g = accelerazione di gravità pari a 980,6

e da quella della velocità:

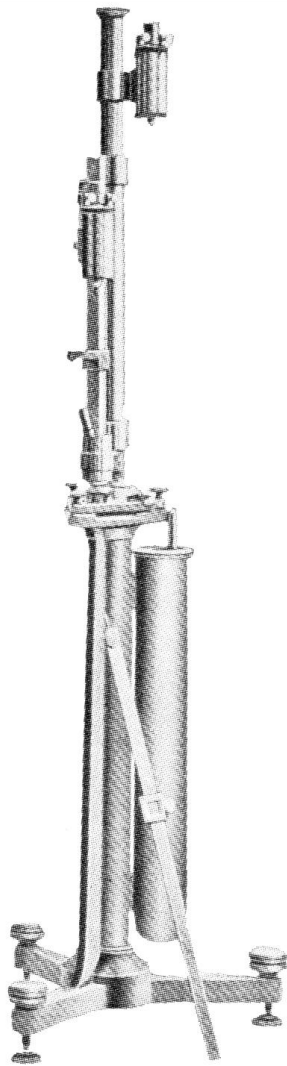



FIG. 171

Cronografo Le Boulangé.

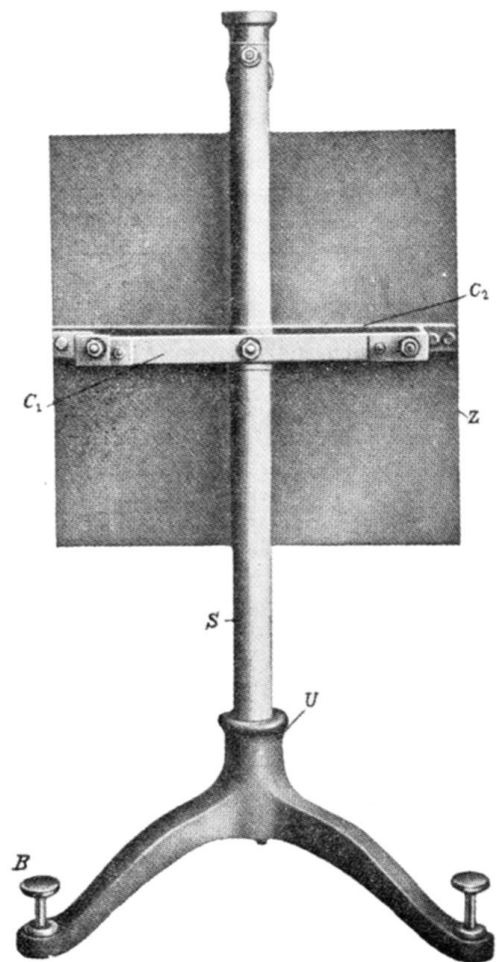



FIG. 172

Piastra del cronografo Le Boulangé.

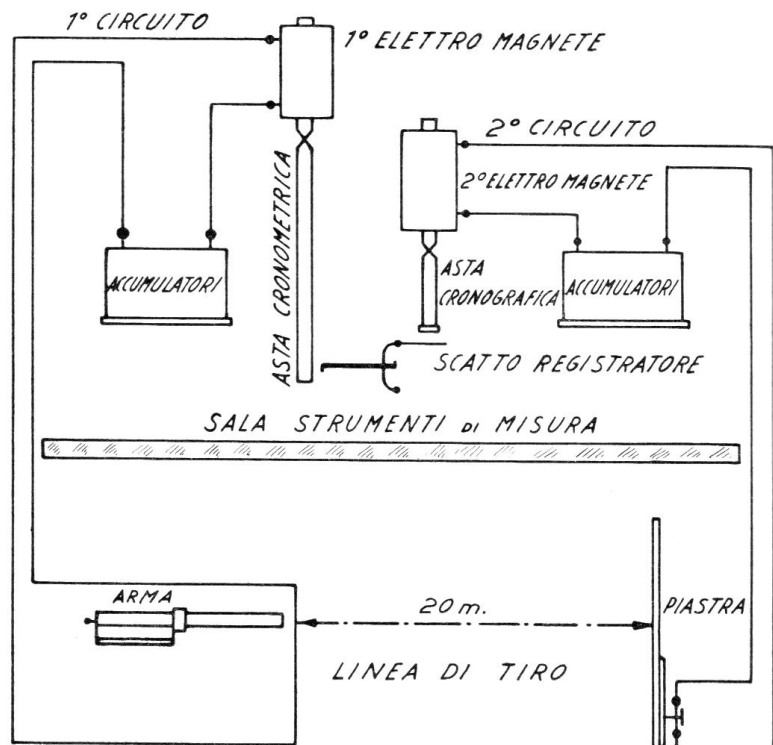



FIG. 173

Schema del cronografo Le Boulangé.

$$V = \frac{s}{t}$$

dove:
V = velocità cercata;
s = spazio percorso;
t = tempo impiegato;
ci danno direttamente la velocità.

La prova di velocità dei pallini, quando si collauda una polvere da caccia, si fa caricando una cartuccia normale, adoperando, generalmente, come per la pressione, la dose massima prescritta dalla casa fabbricante la polvere e pallini del N. 6 temperato con diametro mm. 2,70.

Nella pratica della caccia, la velocità dei pallini assume grandissima importanza, poichè la micidialità di qualunque proiettile è data dalla forza viva o energia cinetica che esso possiede e che dipende da due fattori, la massa e la velocità:

$$F = \frac{m \times V^2}{2}$$

ossia la forza viva è data dal semi prodotto della massa per il quadrato della velocità.

Per i pallini del N. 7 inglese, dalle apposite tabelle, possiamo rilevare un $\mathbf{V_{10}}$ (cioè mettendo la piastra a 20 m., giacchè la V_{10} rappresenta la velocità media alla distanza intermedia) nei cal. 12 e 16 di 300 m/s corrispondente circa ad una $\mathbf{V_0}$ di 360 m/s. La $\mathbf{V_0}$ rappresenta la velocità dei pallini alla bocca dell'arma cioè la velocità iniziale. Come per le pressioni, così anche per la velocità vi è una stretta interdipendenza con il peso di carica della polvere e del piombo, col tipo, il peso e la compressione del borraggio e con la potenza dell'innesco. Rispetto al peso di carica di polvere ed a quello dei pallini, le velocità si trovano in rapporto diretto con il primo ed inverso con il secondo, **cioè ad un aumento della dose di polvere, fa riscontro un aumento della velocità**, che cresce grosso modo, secondo la radice quadrata della carica, **mentre ad un aumento del peso del piombo corrisponde una diminuzione di velocità.**

Numerose esperienze condotte in Italia e all'estero hanno permesso di stabilire che la velocità che dà i migliori risultati sul terreno di caccia sta tra i 350 e i 380 m/s alla bocca, ossia tra i 290 e i 310 m/s di V_{10} riferita naturalmente ai pallini del N. 7 inglese.

Altra osservazione che può essere utile ai cacciatori è questa: che se la velocità è troppo alta si può avere il così detto fenomeno della « **passata** », cioè l'animale rimane ferito, ma non ucciso, il che è un grave inconveniente sia per i cacciatori che devono così rincorrere la selvaggina dopo averle sparato e trovarla, sia per i tiratori sui campi di tiro i cui volatili in tal modo cadono oltre la rete regolamentare di tiro e che quindi non hanno valore.

Borraggio - Per ciò che riguarda la velocità, la compressione delle borre non esagerata, equivale ad un aumento della carica di polvere.

Capsula - L'accrescimento di potenza della capsula provoca, di solito, un accrescimento della velocità ed un aumento di pressione.

Grandezza dei pallini - I pallini più piccoli, a causa del loro maggior attrito che provoca una vivacizzazione della polvere, danno una velocità iniziale sensibilmente superiore ai più grandi.

Temperatura della polvere - La temperatura cui trovasi la polvere al momento del tiro ha molta influenza; infatti per le polveri senza fumo, ad ogni grado centigrado, si ha una variazione di velocità tra m. 0,50 e m. 0,80. Naturalmente l'accre-

scimento si ha con l'aumento di temperatura. Nelle medie condizioni atmosferiche e per una stessa velocità iniziale di 380 m/s, già a 30 m. di distanza dalla bocca, la velocità residua dei pallini del N. 0, secondo prove eseguite, è ridotta a 256 m/s; quella dei pallini del N. 10 addirittura a 180 m/s.

Altre cause che influiscono sulla velocità come sulla pressione, sono l'umidità, la pressione atmosferica, il vento. I cacciatori infatti avranno notato che spesso le cartucce che al mattino andavano benissimo, al dopo pranzo o non andavano o andavano meno bene.

TABELLA 83

Relazione di proporzionalità di carica delle polveri:

Cal.	8 = 1,55	Cal.	20 = 0,640
»	10 = 1,21	»	24 = 0,537
»	12 = 1,00	»	28 = 0,458
»	16 = 0,80	»	32 = 0,347

CARTUCCE « MAGNUM »

Da qualche tempo, anche in Italia, qualcuno spara le così dette cartucce « MAGNUM » delle quali parlerò molto brevemente in quanto non molto adoperate. Esse sono fatte come le altre, hanno però il fondello generalmente piatto per polveri voluminose onde contenere più polvere e più pallini.

Per il Cal. 12, il bossolo ha una lunghezza di 76 mm. che, alla chiusura, si riduce a 66-67 mm.

Le cartucce, come vedremo, sono piuttosto robuste per cui occorrono fucili appositi molto buoni, in perfetto ordine e che possono sostenere alte pressioni. Perchè i cacciatori che sparano le « MAGNUM » si rendano conto della differenza tra le cartucce a caricamento normale e le « MAGNUM », riporterò le cariche e i risultati balistici di queste ultime che potranno confrontare con i risultati riportati nelle Tabelle 82 A e B.

Tali risultati si intendono per cartucce del cal. 12 in quanto, sempre in proporzione, si possono caricare anche calibri più piccoli ma sempre con fucili adatti.

Polvere SIDNA: gr. 2,40 per gr. 46 di piombo del N. 3 e borra da 17 mm. - V_{10} = 340 m/s.; Pressione = 805 Atm.

Polvere MB: gr. 2,40 per gr. 46 di Piombo del N. 3 e borra da 17 mm. - V_{10} = 350 m/s.; Pressione = 962 Atm.

Polvere ALPHA: gr. 2,30 per gr. 46 di Piombo del N. 3 con borra da 9 mm. - V_{10} = 305 m/s.; Pressione = 945 Atm.

Polvere Cooppal Excelsior: gr. 2,40 per gr. 46 di Piombo del N. 5 e borra da 14 mm. - V_{10} = 327 m/s.; Pressione = 640 Atm.

In sostanza, si potrebbe dire, molto approssimativamente, per ciò che riguarda il caricamento, che il Cal. 12 « MAGNUM » dovrebbe sostituire il Cal. 10 con piombo da gr. 42-46, mentre il Cal. 20 « MAGNUM » dovrebbe sostituire il Cal. 12 da 32 gr. circa di Piombo.

Ecco un risultato ottenuto, sempre con la *Cooppal Excelsior* col *cal. 20,* lunghezza mm. 76 - gr. 1,70-1,75 di polvere per gr. 32 di pallini del N. 6: V_{10} = 320 m/s - Pressione 600 atm. - Borra mm. 17,5.

CARICAMENTO DELLE CARTUCCE DA CACCIA

Caricare una cartuccia da caccia non è difficile, ma occorre fare molta attenzione.

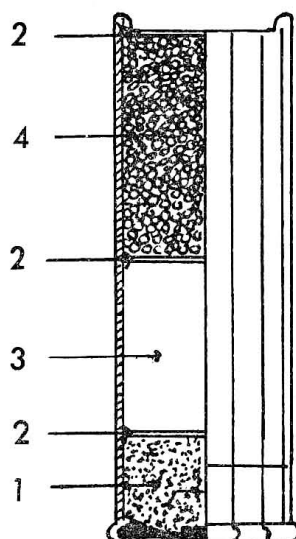



FIG. 174

Cartuccia da caccia carica.

CARTUCCIA DA CACCIA CARICA

1 POLVERE

2 CARTONCINO

3 BORRA

4 PALLINI

Una cartuccia da caccia (fig. 174) si carica nel seguente modo: per prima cosa si pesa la polvere dopo averla versata in una ciotola e averla ben miscelata poichè, specialmente in certe polveri, la polvere sul fondo della scatola ha una densità e una granitura diversa da quella normale e cioè è più densa in quanto i granuli piccoli tendono a depositarsi sul fondo. In questo caso se il caricamento viene fatto a volume, si possono avere delle brutte sorprese.

La polvere pesata, quindi, si mette nel bossolo applicandovi poi sopra un cartoncino che si pressa con un calcatoio di legno in modo più o meno forte a seconda del tipo di polvere. Si aggiunge la borra dell'altezza giusta in rapporto al tipo di polvere e ai pallini e quindi un secondo cartoncino pressando leggermente. Si pesano poi i pallini sui quali si mette un altro cartoncino possibilmente con scritto il numero dei pallini. In fine mediante un'apposita macchinetta si

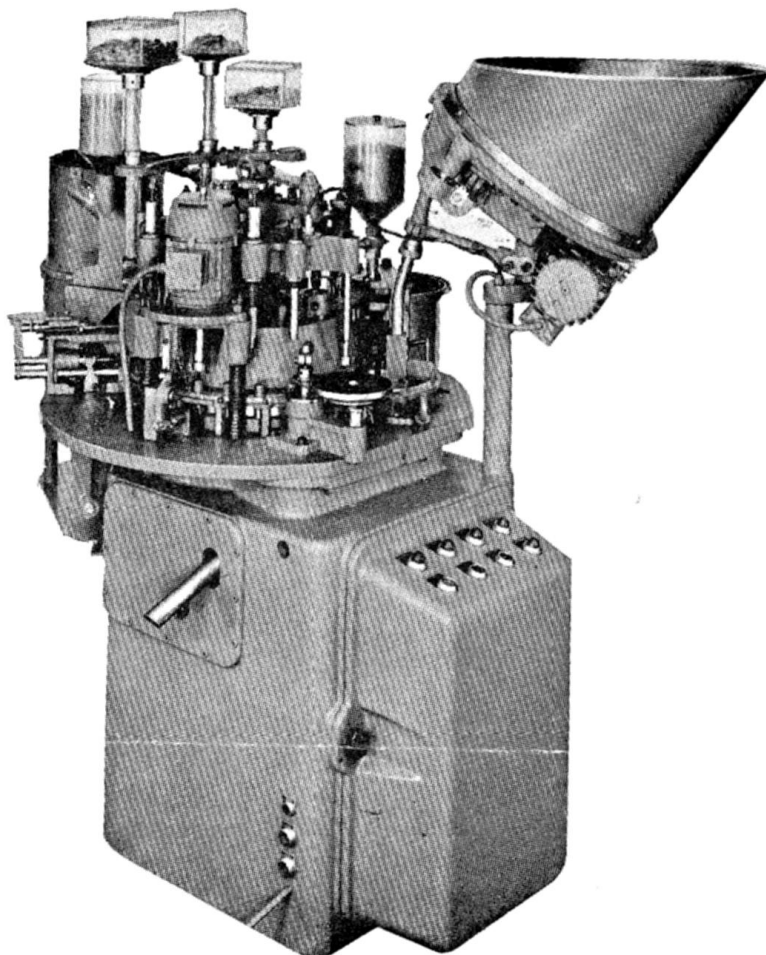



FIG. 175

Macchina per caricare cartucce da caccia.

chiude o, per meglio dire, si fa l'orlatura. Questo è il caricamento a mano che è il preferito dai vecchi cacciatori e tiratori.

Le cartucce però attualmente vengono caricate dalle case produttrici quasi tutte meccanicamente mediante apposite macchine (fig. 175) che fanno tutte le operazioni sopra descritte molto celermente e cioè 800-1000 pesate ora con una approssimazione di un centigrammo.

Darò alcuni consigli circa le norme e le precauzioni da prendersi specialmente da coloro, e non sono pochi, che si caricano le cartucce a mano.

Prima cosa occorre essere in possesso di tutto l'occorrente e cioè:
a) una bilancina sensibile al mezzo centigrammo;
b) un misurino con fondo variabile di ottone se si vuol caricare a volume;

c) un calcatoio di legno;
d) una macchinetta per chiudere le cartucce;
e) un imbutino per versare la polvere e i pallini nella cartuccia;
f) una spatolina di legno da passare sul misurino quando è pieno di polvere;
g) polvere, cartoncini, borre e pallini.

Inoltre occorre tener presente che, durante il caricamento delle cartucce, non bisogna fumare, in quanto se una scintilla della sigaretta o della pipa cade nella polvere, questa naturalmente si incendia.

Allo scopo di dimostrare l'importanza del caricare bene la cartucce, riporterò delle prove fatte dall'autore nel febbraio del 1961 con cariche uguali su due polveri, la Orion e la Aster ambedue da lui fabbricate presso uno stabilimento di Brescia. I pallini sono del N. 6, capsula 6,45, giornata fredda e ventosa, borre di feltro grassato. Risultati della media di 5 prove:

TABELLA 84

CAL. 12	
ORION	ASTER
gr. 1,95 × 30 V_{10} = 289,9 P = 267	gr. 1,95 × 30 V_{10} = 291,9 P = 279
gr. 2 × 30 V_{10} = 298,2 P = 297	gr. 2 × 30 V_{10} = 298,6 P = 297
gr. 2,05 × 31 V_{10} = 300,4 P = 306	gr. 2,05 × 31 V_{10} = 303,8 P = 332
gr. 2,10 × 32 V_{10} = 306 P = 315	gr. 2,10 × 32 V_{10} = 313,6 P = 332
gr. 2,15 × 34 V_{10} = 314,2 P = 333	gr. 2,15 × 34 V_{10} = 319,8 P = 358
gr. 2,20 × 35 V_{10} = 320,7 P = 382	gr. 2,20 × 35 V_{10} = 323 P = 406

V_{10} = Velocità m/s. P = Pressione Kg/cm.^{2}

Pensando che per alcuni sia abbastanza interessante sapere le dosi di caricamento di alcune polveri italiane, pur tenendo conto che sulla scatola è obbligo che vi siano le dosi massime e minime e per i calibri più usati, ho creduto opportuno riportare questa tabellina ricavata da « Balistica Venatoria » del dr. Corsi. E' sottinteso, come osserva anche il dr. Corsi, che le dosi sotto elencate non si intendono consigliate come quelle di massimo rendimento balistico in tutti i casi, ma tenendo conto anche della sicurezza di chi spara e cioè pressioni non troppo alte, velocità media, anche con temperature calde o con forte umidità o per altre cause accidentali.

Le lettere dell'ultima colonna si riferiscono al bossolo.

TABELLA 85

p = fondello piano. c = Fondello conico. n = Capsula comune 6,45.
f = Capsula rinforzata. s = Capsula speciale.
Il primo numero è il peso in gr. della polvere ed il secondo quello dei pallini.

Polvere	Cal. 12			Cal. 16	Cal. 20	Cal. 24	V. nota
	Caccia	Valle	Tiro				
Acapnia . .	2,40/31	—	—	1,90/28	1,55/22	1,30/18	p. n.
A.L. . . .	1,90/32	—	—	1,50/29	1,20/23	1,05/14	p.n.s.
B.P.D. . . .	1,65/32	1,60/36	1,85/36	1,32/29	1,05/23	0,90/19	c. n. f.
C_7	2,00/33	1,85/36	2,10/36	1,60/30	1,28/24	1,08/20	p. f.
D.N. . . .	1,65/32	1,60/36	1,80/36	1,32/29	1,05/23	0,90/19	c. f.
Excelsior . .	2,00/31	—	—	1,60/28	1,23/22	1,08/18	p. n.
Fonda . . .		1,60/35	1,90/35	1,32/29	1,05/23	0,90/19	p. n. f.
G.P. . . .	1,90/32	—	2,00/35	1,50/28	1,20/23	1,05/19	p. n. s.
Italiana . .	2,00/33	1,80/36	2,15/36	1,60/30	1,28/24	1,08/20	p. n. f.
Littoria . .	2,10/33	1,85/37	2,20/36	1,68/30	1,34/24	1,15/20	p. n. f.
M.B. . . .	2,00/33	1,85/36	2,15/36	1,60/30	1,28/24	1,08/20	p. n. f.
Orion . . .	2,00/33	1,95/37	2,10/35	1,60/29	1,28/24	1,08/20	p. n. f.
Rapid . . .	1,70/32	—	—	1,34/29	1,10/23	0,92/19	p. n.
Royal . . .	1,60/32	1,50/36	1,80/36	1,28/29	1,02/23	0,86/19	c. n.
S_4	1,60/32	1,50/36	1,80/36	1,28/29	1,02/23	0,86/19	c. n.
Sidna . . .	2,00/33	1,85/36	2,15/36	1,60/30	1,28/24	1,08/20	p. f.
Siem n.c. . .	1,70/32	1,60/36	1,80/36	1,35/29	1,10/23	0,90/19	p. n. f.
Sipe . . .	1,60/32	1,50/36	1,80/36	1,28/29	1,02/23	0,86/23	c. n.
Super balistite	1,25/30	—	—	1,00/27	0,86/22	0,67/17	c. n.
Universal . .	1,95/32	1,80/36	2,15/36	1,55/29	1,25/23	1,05/19	p. n. f.

Il locale in cui si lavora al caricamento delle cartucce bisogna che non sia umido. La polvere da caricarsi, come già accennato prima, va arieggiata versandola in una bacinella e rimescolandola con precauzione per evitare una possibile elettrizzazione e anche per accertarsi che non vi siano grumi o corpi estranei.

Ecco le varie fasi del caricamento di una cartuccia:

1) Il dosaggio, come abbiamo detto, può farsi a peso o a volume, quest'ultimo però non per tutte le polveri ma solo per quelle molto regolari. L'introduzione della polvere nel bossolo, si effettua con l'imbutino. Il misurino cilindrico più preciso pare sia quello di altezza pari a una volta e mezza il diametro. Tale misurino naturalmente deve avere un bordo piano e liscio onde poterlo rasare con la spatolina di legno. Con tale sistema e con una polvere a granuli regolari si ha la certezza di non scostarsi di un centigrammo in più o in meno dalla dose stabilita.

Cambiando scatola di polvere, è necessario controllare il peso della polvere nel misurino poichè si può verificare un cambiamento di densità.

E' buona norma, appena messa la polvere, applicare il cartoncino

in quanto è facile che la cartuccia si rovesci. *Attenzione inoltre, specialmente con le polveri ad alta densità, a non mettere la carica doppia.*

2) **Il borraggio** deve essere scelto con cura sia per qualità che per altezza, va pressato sempre con moderazione e sempre possibilmente dalla stessa persona onde non correre il rischio che una pressatura troppo energica dia origine a pressioni troppo alte che possono causare lo scoppio del fucile. Per tale operazione sono state escogitate dai cacciatori delle piccole macchine munite di pesi ma con esito deludente.

Dopo il borraggio si applica un altro cartoncino.

3) Quindi si passa alla **dosatura della carica dei pallini** che si può fare per pesata o a volume come si fa per la polvere ed è bene applicare subito il cartoncino.

4) **A questo punto si può fare l'orlatura o chiusura delle cartucce** mediante speciali macchinette orlatrici rotative, orizzontali o meglio verticali mosse a mano o a pedale o a motore, munite di una testa operatrice in acciaio e di un mandrino di spinta.

Per fare una buona orlatura, è necessario che tra il cartoncino e l'orlo della cartuccia vi siano non meno di 6-8 mm., che la testa operativa abbia una giusta velocità e che lo sforzo di accostamento esercitato sulla leva del mandrino sia regolare.

Come abbiamo però già detto, le fabbriche di cartucce, attualmente hanno caricatrici continue completamente automatiche che fanno tutte le operazioni sopra descritte con una buona precisione e molto celermente (Vedi fig. 175). La chiusura delle cartucce attualmente si fa generalmente a stella.

Nel caricare le cartucce occorre tener presente che se la temperatura è molto bassa bisogna rinforzare la cartuccia con una capsula più forte. L'aumento della dose di polvere serve a poco, in quanto il maggior volume in cui i gas delle capsule vengono a disperdersi, peggiora le condizioni di inizio della combustione. E' meglio allora aumentare i pallini. In tal modo si aumenta l'inerzia ritardando così il movimento della carica, costringendo la polvere a bruciare in un volume ridotto e cioè dandole più vivacità.

Al contrario, se la temperatura è alta (esposizione delle cartucce al sole o tenute in tasca per lungo tempo, ecc.) crescono insieme pressione e velocità e quindi si può avere dispersione e deformazione dei pallini. E' molto facile in tal modo che gli animali rimangano solo feriti e quindi se ne vadano o che cadano tutti sanguinanti ancora vivi.

PROVE DI ROSATA, DISPERSIONE, PENETRAZIONE E PORTATA O RINCULO

Dato che la maggior parte dei cacciatori o tiratori non ha la possibilità di verificare personalmente le pressioni e le velocità delle polveri adoperate, allora ho pensato di descrivere in modo succinto e più chiaro possibile, il sistema di rendersi conto sia dell'efficienza del proprio fucile che delle qualità delle polveri e cartucce che adoperano.
Questa possibilità si ha facendo delle prove in posti sicuri, mediante l'effettuazione della rosata.

Tutti sappiamo che al momento dello sparo i pallini escono dalla canna in gruppo serrato e subito dopo cominciano a divergere causa la loro inerzia, gli urti vicendevoli, la resistenza dell'aria, la perdita della rotondità, così che dopo 12-15 m. cominciano ad allargarsi. **Nelle canne cilindriche questo allargamento è più veloce, mentre per le canne strozzate è più lento.**

Le pressioni elevate che generalmente deformano i pallini, la cattiva qualità e la deficienza in altezza del borraggio per cui i gas possono infiltrarsi nella carica di piombo, la cattiva scelta del cartoncino di chiusura, la eccessiva pressione e qualità del borraggio molte volte troppo duro e pesante, la non uniformità dimensionale dei pallini possono accrescere la dispersione laterale e longitudinale. In un fascio di pallini poi si possono distinguere la dispersione verticale e orizzontale.

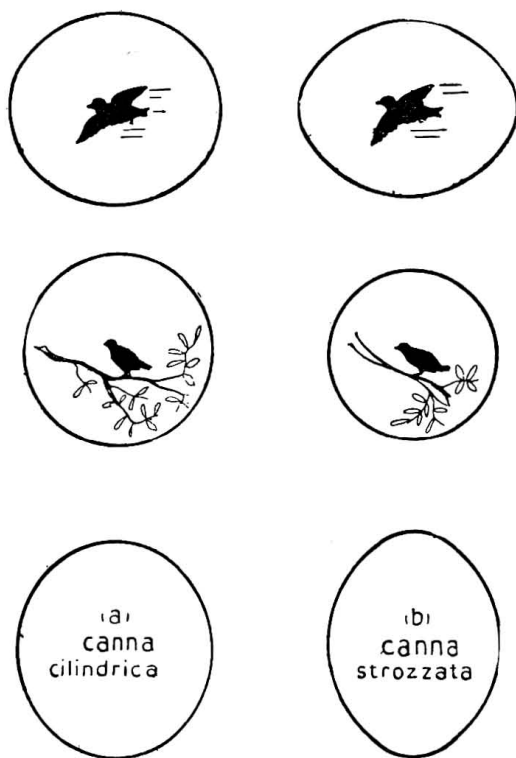



FIG. 176

Disposizione dei pallini con canna cilindrica e con canna strozzata.

La dispersione orizzontale dipende dalla strozzatura della canna, cosa che appare chiaramente nello schizzo della fig. 176 in cui si vedono rosate longitudinali e verticali dei pallini sparati da una canna cilindrica a sinistra della figura (a)

e da una canna strozzata a destra (b). Cominciando dall'alto vediamo che il bersaglio è in rapido movimento. Tra l'arrivo del primo e dell'ultimo pallino sul piano del bersaglio passa per a) meno tempo che per b). L'ellisse formata dalla strisciata di a) è più alta, ma meno allungata di quella di b); di conseguenza le aree delle rosate, e quindi anche la densità dei pallini su di esse, tendono ad equivalersi.

Al centro il bersaglio è fermo. La rosata di b) è più raccolta e più folta.

Infine, in basso, i pallini procedono in un fuso che è per a) più allargato, ma meno allungato che per b).

La dispersione verticale si può benissimo controllare sparando alla distanza di 35 m. contro un foglio di carta possibilmente non bianca fissato con puntine da disegno o con carta adesiva contro un tavolato. Queste prove vanno eseguite, se ad esse si vuol dare un significato, con alcune modalità che dirò in seguito.

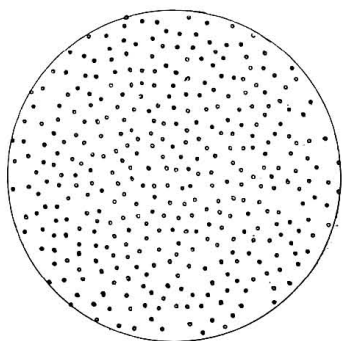



FIG. 177 - Rosata perfetta.

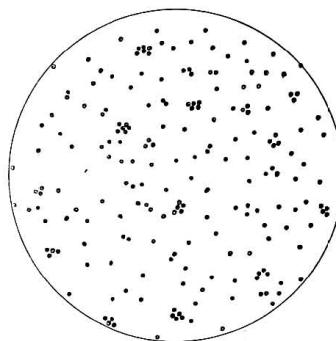



FIG. 178 - Rosata mal distribuita.

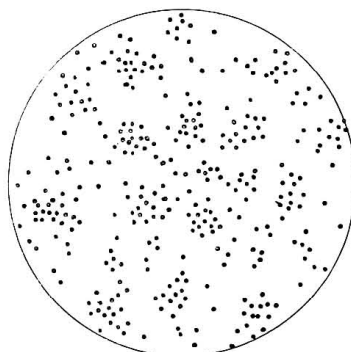



FIG. 179 - Rosata irregolare.

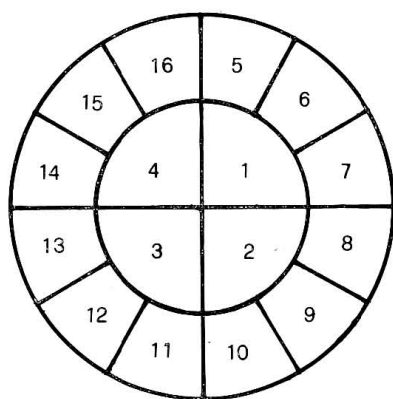
Intanto riporterò degli schizzi di rosate tra cui fig.177, rosata perfetta ottenuta con un'ottima caruccia, ben dosata, caricata e adatta al fucile; fig. 178 esempio di rosata mal distribuita e dispersa causa una pressione troppo forte, per cui anche la penetrazione dei pallini è deficiente; fig. 179 rosata irregolare, distribuita male caratteristica di cartucce « pigre » a combustione troppo progressiva.

Prova di rosata - La prova di rosata si fa sempre alla distanza di 35 m. ed è data dal numero dei pallini che colpiscono un cerchio di 75 cm. La dispersione è più forte coi pallini più piccoli, per cui si è stabilito che tale prova si faccia

con pallini del N. 6 inglese, corrispondenti al diametro di mm. 2,65. Il tiro deve essere fatto possibilmente in appoggio o meglio fissando il fucile ad un cavalletto.

Le prove da farsi sono almeno 5 contando il numero dei pallini dopo aver pesato i grammi di piombo occorrenti per il caricamento della cartuccia e dopo essersi assicurati che la polvere sia tutta omogenea come è stato detto per il caricamento delle cartucce.

Caricate le cartucce, su di un foglio di carta si traccia un cerchio (vedi es. di calcolo di rosata) (Tab. 86) del diametro di cm. 75 ed un altro, facendo sempre centro nel primo, di cm. 37,5 segnando i fogli come in figura. Fatto questo lavoro, come già detto, si attacca il foglio mediante puntine da disegno o carta adesiva su di un tavolato e, dopo aver preso bene la mira, si tira al centro del cerchio tracciato sul foglio. Si stacca il foglio e si cominciano a contare i fori, riquadro per riquadro, segnandoli mano mano con una matita. Quindi si fanno i calcoli dei quali riporterò un esempio fatto dall'autore su di una polvere.

TABELLA 86
ESEMPIO DI CALCOLO DI ROSATA

Suddivisione di un cerchio per la prova di « rosata ».

	Somma pallini settori periferici 5-6-7-8-9-10-11 12-13-14-15-16	Somma pallini settori centrali 1-2-3-4	Somma pallini dei due settori TOTALE 1-16	N. settori che hanno più di 12 pallini
1 colpo	174	76	**250**	12/16
2 »	162	112	**274**	13/16
3 »	164	81	**245**	12/16
4 »	148	76	**224**	11/16
5 »	151	85	**236**	13/16
		430	**1229**	61/16

Fucile Cal. 12 - Caricamento della cartuccia = gr. 2,10 di polvere e gr. 35 di pallini del N. 6 inglese - N. dei pallini in 35 gr. = 408 - Bossolo a fondo conico con capsule 6,45 - Borraggio feltro grassato.

1229 : 5 = **245** (media pallini cerchio totale)
430 : 5 = 86 (media pallini cerchio interno)

Si fa la differenza tra i pallini del cerchio totale e la media dei pallini del cerchio stesso.

250 — 245 = 5
274 — 245 = 29   64 : 5 = 12 (scarto medio)
245 — 245 = 0
245 — 224 = 21   61 : 5 = 12,2/16 (scarto medio)
245 — 236 = 9
—
64

408 = Numero pallini contenuti in 35 gr.

Quindi se su 408 pallini **245** hanno colpito in media il cerchio di 25 cm. di diametro, la percentuale sarà del 60% e quindi ottima. Infatti:

408 : 245 = 100 : x
x = 24500 : 408 = 60%

Riporterò i dati ottenuti anche con un altro tipo di rosata, e cioè dividendo il cerchio in quattro settori, onde accelerare il calcolo, e con canne diverse: Fucile cal. 12. Bersaglio di cm. 75 su quattro settori posti a m. 35. Aria calma. Balistite sperimentale gr. 1,70. Piombo N. 6 inglese per gr. 32. Bossolo a fondo parabolico con capsule 6,45. Borraggio di feltro misto. (Da « Balistica venatoria » di G. Corsi).

TABELLA 86 A
ESEMPIO DI CALCOLO DI ROSATA

	1/4 strozzata	Strozzata	Semi strozzata
Media dei pallini nel cerchio .	64,4	69,4	74,1
Scarto medio della media % .	3,5	2,8	3,3
Media del settore più ricco . .	16,5	17	18,9
Media del settore più scarso . .	16,2	16,2	18,2

Inoltre poco più avanti riporterò delle tabelle dalle quali, in base alle rosate ottenute, ognuno potrà dedurre la precisione del proprio fucile.

Ciò che è importante sapere, è che un esagerato addensamento di pallini verso il centro non è consigliabile. La portata effettiva della fucilata, dipende essenzialmente da due fattori:

La concentrazione dei pallini o rosata e la loro penetrazione che è una funzione diretta della forza viva che dipende, per pallini di dimensioni date, dalla velocità residua da cui sono animati alla distanza, si fa generalmente in un'asse senza nodi o meglio su 10 cartoni sovrapposti dello spessore di mm. 0,5 sempre alla distanza di 35 m. I pallini di una buona cartuccia ne devono passare almeno 8.

TABELLA 87

ROSATA

TABELLA (ridotta) DI VALUTAZIONE PER PALLINI DEL N. 7

(∅ mm. 2,5 e peso gr. 0.0904 - P = portata micidiale massima: D - distanza di tiro più favorevole; R = relativo diametro massimo di rosata efficiente)

N. dei pallini nel cerchio totale	NUMERO DEI PALLINI DEL CERCHIO INTERNO																							
	50-59			60-69			70-79			80-89			90-99			100-109			110-119			120-129		
	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.	P m.	D m.	R cm.
170-179	36	24	38	37	27	45	39	30	47	40	33	47	41	35	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180-189	36	23	43	38	27	47	39	30	48	40	32	49	42	35	49	43	37	49	—	—	—	—	—	—
190-199	36	23	53	38	26	51	39	29	51	41	32	51	42	35	50	43	37	50	—	—	—	—	—	—
200-209	37	22	77	38	26	57	40	29	54	41	32	52	42	34	52	44	37	52	—	—	—	—	—	—
210-219	—	—	—	39	25	67	40	29	57	41	31	55	43	34	54	44	36	53	—	—	—	—	—	—
220-229	—	—	—	39	25	90	40	28	62	42	31	57	43	34	55	44	36	54	—	—	—	—	—	—
230-239	—	—	—	—	—	—	41	28	68	42	31	60	43	33	58	44	36	56	—	—	—	—	—	—
240-249	—	—	—	—	—	—	41	27	78	42	30	65	44	33	60	45	36	58	—	—	—	—	—	—
250-259	—	—	—	—	—	—	41	27	96	43	30	70	44	33	63	45	35	60	46	38	58	—	—	—
260-269	—	—	—	—	—	—	42	27	137	43	30	76	44	32	66	45	35	62	46	37	59	—	—	—
270-279	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43	29	86	44	32	71	45	35	65	46	37	61	—	—	—
280-289	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44	29	100	45	32	76	46	34	68	47	37	63	48	39	61
290-299	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44	29	100	45	31	82	46	34	71	47	36	66	28	39	63
300-309	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44	28	100	45	31	91	46	34	75	47	36	69	48	38	65
310-319	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	31	103	46	33	80	47	36	72	48	38	67
320-329	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	30	121	47	33	87	47	36	75	48	38	69

TABELLA 88
COPERTURA PER TUTTI I CALIBRI
(fuorchè il 12,70 da tiro)
con pallini di mm. 2,5

Pallini nel cerchio di 75 cm.	Insufficiente	Buona	Molto buona	Eccellente
130 - 140	5,28	5,29 - 5,79	5,80 - 6,30	6,31 e più
141 - 150	5,69	5,70 - 6,20	6,21 - 6,71	6,72 » »
151 - 160	6,10	6,11 - 6,61	6,62 - 7,12	7,13 » »
161 - 170	6,50	6,51 - 7,01	7,02 - 7,52	7,53 » »
171 - 180	6,91	6,92 - 7,42	7,43 - 7,93	7,94 » »
181 - 190	7,32	7,33 - 7,83	7,84 - 8,34	8,35 » »
191 - 200	7,73	7,74 - 8,24	8,25 - 8,75	8,76 » »
201 - 210	8,14	8,15 - 8,65	8,66 - 9,16	9,17 » »
211 - 220	8,53	8,56 - 9,06	9,07 - 9,57	9,58 » »
221 - 230	8,96	8,97 - 9,47	9,48 - 9,98	9,99 » »
231 - 240	9,37	9,38 - 9,88	9,89 - 10,39	10,40 » »
241 - 250	9,78	9,79 - 10,29	10,30 - 10,80	10,81 » »
251 - 260	10,19	10,20 - 10,70	10,71 - 11,21	11,22 » »
261 - 270	10,60	10,61 - 11,11	11,12 - 11,62	11,63 » »
271 - 280	11,01	11,02 - 11,52	11,53 - 12,03	12,04 » »
281 - 290	11,41	11,42 - 11,92	11,93 - 12,43	12,44 » »
291 - 300	11,82	11,83 - 12,33	12,34 - 12,84	12,85 » »
301 - 310	12,23	12,24 - 12,74	12,75 - 13,25	13,23 » »
311 - 320	12,64	12,65 - 13,15	13,16 - 13,66	13,67 » »
321 - 330	13,05	13,06 - 13,56	13,57 - 14,07	14,08 » »

TABELLA 89
COPERTURA PER FUCILI DA TIRO 12/70
con pallini di mm. 2,5

Pallini nel cerchio di 75 cm.	Insufficiente	Buona	Molto buona	Eccellente
130 - 140	5,94	5,75 - 6,45	6,46 - 6,56	6,97 e più
141 - 150	6,35	6,36 - 6,86	6,87 - 7,37	7,38 » »
151 - 160	6,76	6,77 - 7,27	7,28 - 7,78	7,79 » »
161 - 170	7,17	7,18 - 7,68	7,69 - 8,19	8,20 » »
171 - 180	7,58	7,59 - 8,09	8,10 - 8,60	8,61 » »
181 - 190	8,00	8,01 - 8,51	8,52 - 9,02	9,03 » »
191 - 200	8,40	8,41 - 8,91	8,92 - 9,42	9,43 » »
201 - 210	8,81	8,82 - 9,32	9,33 - 9,83	9,84 » »
211 - 220	9,22	9,23 - 9,73	9,74 - 10,24	10,25 » »
221 - 230	9,63	9,64 - 10,14	10,15 - 10,65	10,66 » »
231 - 240	10,03	10,04 - 10,54	10,55 - 11,05	11,06 » »
241 - 250	10,44	10,45 - 10,95	10,96 - 11,46	11,47 » »
251 - 260	10,85	10,86 - 11,36	11,37 - 11,87	11,88 » »
261 - 270	11,26	11,27 - 11,77	11,78 - 12,28	12,29 » »
271 - 280	11,67	11,68 - 12,18	12,19 - 12,69	12,70 » »
281 - 290	12,08	12,09 - 12,59	12,60 - 13,10	13,11 » »
291 - 300	12,49	12,50 - 13,00	13,01 - 13,51	13,52 » »
301 - 310	12,90	12,91 - 13,41	13,42 - 13,92	13,93 » »
311 - 320	13,31	13,32 - 13,82	13,83 - 14,33	14,34 » »
321 - 330	13,72	13,73 - 14,43	14,24 - 14,74	14,75 » »

Il Generale Journée, dopo lunghi studi, stabilì la regola che ogni specie di selvaggina dovrebbe venire cacciata con pallini del peso di un cinquemillesimo della stessa.

La sensazione del rinculo è invece legata direttamente alla velocità e al peso della carica di polvere. A parità di carica, un fucile leggero darà un rinculo superiore ad uno pesante.

Umidità delle polveri - L'umidità delle polveri ha un effetto ragguardevolissimo sul tiro. In media, ad un accrescimento di umidità dell'1% fa riscontro una diminuzione di velocità iniziale pari al 5% della stessa. Generalmente una buona polvere alla nitrocellulosa, anche da prove fatte dall'autore, ha un assorbimento massimo di umidità del 2,5%, una polvere alla balistite dell'1,5%.

Ad ogni buon conto perchè una polvere dia un buon rendimento di tiro occorre che non abbia un'umidità superiore all'1%.

BORRAGGIO

Di borre ve ne sono di diversi tipi; vi sono quelle a fibre animali agglomerate, quali il feltro di lana e di diversi tipi di peli, o di fibre vegetali come certe qualità di alghe, di muschi e di stoppa. Altri tipi di borraggio che però danno risultati piuttosto scadenti sono il sughero, la segatura, il caucciù, la carta, il cuoio, la paglia, la crusca, ecc. Alcuni di questi elementi, consociati tra loro, possono invece dare risultati discreti. Attualmente trovansi in commercio anche buone borre di sughero conglomerato ed anche abbastanza elastiche e borre di plastica che, ambedue, sembra diano risultati quasi pari a quelle di fibre animali.

Le polveri vivaci pare preferiscano un borraggio leggero o compressibile, mentre quelle progressive ammettono e talvolta desiderano invece un borraggio più pesante e rigido. Il borraggio primario più usato e senz'altro il migliore, è quello di feltro grassato che, se di buona qualità, è elastico, leggero, impermeabile ai gas e che, riducendo al minimo il colpo d'ariete, riduce al minimo la deformazione dei pallini.

Le borre di sughero, sempre secondo il gen. Journée, darebbero, a cariche uguali di polveri e di pallini, una velocità di 50 m. in meno di quelle di feltro, ed equivarrebbero nei risultati, ad una riduzione del 5-10% della dose di polvere. Esse, non essendo a perfetta tenuta, peggiorano le rosate. Si possono però adoperare come supplemento al posto delle borre di carta lana.

Allo scopo di dimostrare l'importanza del tipo di borra nel caricamento delle cartucce, ritengo opportuno riportare una serie di prove balistiche fatte dall'autore con la polvere Aster e relative rosate riportando la media dei pallini su cinque rosate nell'intero cerchio di 75 cm. di diametro e alla distanza di 35 m.

Polvere « Aster » alla nitrocellulosa gr. 2,10 × 34. Cassula 6,45. Velocità V_{10} e Pressione = media su cinque colpi. Rosata = media su cinque colpi. N. pallini in 34 grammi = 374.

TABELLA 90

	Polvere aster			% Pallini
1)	**Borra feltro grassata rosso-verde**			
	V_{10} = 311,7 m/s	P = 395	Rosata = 257	68,9%
2)	**Borra inglese** di feltro			
	V_{10} = 314,5 m/s	P = 409	Rosata = 261	69,7%
3)	**Borra francese** di feltro			
	V_{10} = 307,7 m/s	P = 387	Rosata = 241	64,4%
4)	**Borra B** di sughero non conglomerato			
	V_{10} = 307,3 m/s	P = 372	Rosata = 207	55,3%
5)	**Borra** di sughero conglomerato			
	V_{10} = 310,6 m/s	P = 387	Rosata = 233	62,2%
6)	**Borra nera di feltro grassato**			
	V_{10} = 308,7 m/s	P = 365	Rosata = 229	61,2%
7)	**Borra di plastica**			
	V_{10} = 313,2 m/s	P = 304	Rosata = 236	63,1%
8)	**Borra Bs di cartone**			
	V_{10} = 301,7 m/s	P = 334	Rosata = 231	61,7%

Con le stesse cartucce sono state fatte le prove di penetrazione attraverso n. 10 cartoni dello spessore ognuno di 1/2 mm.

Alla distanza di 25 m. tutte le cariche hanno perforato 10 cartoni.

Alla distanza di 30 m. le cariche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 hanno perforato 10 cartoni.

Alla distanza di 35 metri tutte le cariche hanno perforato da 7 ad 8 cartoni.

Il dischetto di cartone o cartoncino che copre la polvere è bene non sia grassato poichè potrebbe ungere la polvere; l'altro tra il piombo e la borra che qualcuno erroneamente non mette, può essere di qualunque tipo e serve perchè i pallini, al momento dello sparo, non s'incastrino nella borra.

PALLINI DA CACCIA

I pallini da caccia *comuni* vengono fabbricati in due modi:

1) Facendo cadere da apposite torri alte circa 25 m. sulle quali sono collocati speciali setacci, il piombo fuso col 0,6% di arsenico, il quale ha la proprietà di dare alle goccioline, durante il tragitto dai setacci al recipiente pieno d'acqua che le raccoglie a terra, forme più sferiche. I pallini si fanno quindi girare in botti per arrotondarli e lucidarli, e quindi si setacciano per calibrarli.

Questo sistema è stato però quasi completamente abbandonato.

2) Altro sistema molto in uso oggi è quello di prendere del filo

di piombo, farlo passare attraverso trafile e apposite macchine che lo stampano prendendo così il nome di « *pallini stampati* », i quali hanno forma regolarissima, perfettamente uniformi nelle dimensioni e dotati di maggior peso specifico.

La densità dei pallini comuni è di 11,30 e devono deformarsi sotto i denti; densità inferiori agiscono in senso negativo in quanto non raggiungono le distanze stabilite proprio per il loro peso inferiore. Inoltre i pallini comuni sottoposti alla sollecitazione violenta della esplosione della polvere, si schiacciano assumendo forme poliedriche per effetto della loro costrizione: è logico che la deformazione aumenta con l'elevarsi della pressione sviluppata dalla polvere. Se i pallini sono deformati tendono ad allontanarsi dalla loro direzione iniziale dando origine a rosate più disperse.

I pallini da caccia « *temperati* » sono quelli fabbricati con lega di piombo e antimonio e qualche volta anche stagno; con una percentuale del secondo componente che va dal 2 al 5%. Tali pallini hanno una densità che oscilla tra gli 11 e gli 11,20 e risultano poco deformabili.

Riporterò alcune tabelle ricavate dal manuale dell'ing. De Florentis « Armi da fuoco, caccia, tiro, difesa ». Ed. Hoepli - Milano.

TABELLA 91

TABELLA DI CACCIA PER PALLINI con $V_0 = 380$ m/s a 35 m. con velocità medie dei diversi animali - peso - numero dei pallini

Specie animale	peso medio gr.	Area vulnerabile media cmq.	Velocità max. m/s	Numeraz. piombo			Tragitto di m. 35
				teorica	pratica in canna		
					cilindr.	strozz.	
Passero . . .	25	16	12	14	13	12	0"16
Allodola . . .	30	19	15	14	12	11	0"15
Storno . . .	75	35	18	12½	11	11	0"15
Merlo-Tordo .	80-100	35-40	20	12	11	10	0"14
Quaglia . . .	100	40	15	11½	11	10	0"14
Beccaccino . .	100	40	22	11½	11	10	0"14
Beccaccia . .	275	82	20	9	9	8	0"13
Starna . . .	350	96	18	8	8	7	0"13
Coturnice . .	450	114	24	7	7	6	0"13
Anatre . . .	850	174	25	4	5	4	0"12
Fagiano . . .	1000-1500	195-273	18	3 e 1	5	3	0"12
Coniglio . . .	1250	224	12	2	4	3	0"12
Lepre . . .	3500	450	18	5/0	3	1	0"11
Volpe . . .	6500	650	12	7/0	2/0	4/0	0"11

La canna strozzata ha un vantaggio soltanto in tiri superiori ai 30 m.

TABELLA 92
NUMERO DI PALLINI CHE COMPONGONO LE CARICHE

Numerazione unica italiana	Numero di pallini in grammi							
	24	28	30	32	33	34	35	36
0	72	81	87	93	96	99	102	105
1	81	95	102	109	112	115	119	122
2	96	112	120	128	132	136	140	144
3	112	130	139	148	153	157	152	156
4	140	162	173	184	190	196	202	208
5	171	199	213	227	234	241	248	255
6	209	245	263	281	290	299	308	317
7	265	309	331	353	364	375	386	397
8	343	399	427	455	469	483	497	511
9	450	524	561	598	617	636	654	673
10	609	709	759	810	835	860	886	911
11	848	988	1058	1129	1164	1199	1234	1260
12	1229	1437	1541	1644	1695	1747	1798	1849
13	1893	2211	2370	2528	2607	2686	2765	2844
14	3126	3646	3906	4166	4296	4426	4556	4686

TABELLA 93
NUMERAZIONE UNICA ITALIANA DEI PALLINI E PALLETTONI DA CACCIA

Numero	Diametro mm.	Peso medio	Numero	Diametro mm.	Peso medio
14	1,1	0,00768	1	3,7	0,295
13	1,3	0,01267	0	3,9	0,346
12	1,5	0,01946	2/0	3,9	0,403
11	1,7	0,02835	3/0	4,3	0,465
10	1,9	0,03955	4/0	4,5	0,534
9	2,1	0,05347	5/0	5,0	0,736
8	2,3	0,0703	6/0	5,6	1,032
7	2,5	0,0904	7/0	6,2	1,401
6	2,7	0,1139	8/0	7,4	2,380
5	2,9	0,1412	9/0	7,4	2,380
4	3,1	0,1728	10/0	8,0	3,010
3	3,3	0,2088	11/0	8,6	3,737
2	3,5	0,2500			

TABELLA 94
TABELLA DELLE NUMERAZIONI REGIONALI E INGLESI

Diametro in mm.	Numero pallini in 100 gr. circa	Numeraz. bolognese	Numeraz. toscana	Numeraz. romana	Numeraz. pesarese	Numeraz. inglese
4,10	250	0	13	14	00	00
3,90	284	1	12	13	0	0
3,70	330	2	11	12	1	1
3,50	400	3	10	11	2	2
3,30	500	4	9	10	3	3
3,10	550	5	8	9	4	4
2,85	700	6	7	8	5	5
2,65	900	7	6	7	6	6
2,55	1000	8	5	6	7	7
2,30	1300	9	4	5	8	8
2,10	1550	10	3	4	9	9
1,95	2200	11	2	3	10	10
1,80	2800	12	1	2	11	11
1,60	3700	13	0	1	12	12
1,30	5600	14	00	—	13	13

I pallini temperati della numerazione bolognese corrispondono alla numerazione inglese.

TABELLA 95
SCHEMA COL NUMERO DEI PALLINI RIFERENTISI ALLA NUMERAZIONE INGLESE PER LA CACCIA AI VOLATILI

Numero dei pallini	Per caccia a
13-12	uccelletti in genere;
11-10	quaglie, allodole;
9-8	tordi, beccacce, beccaccini;
7-6	starne, colombi, tiro piccione e piattello;
5-4-3-2	anatre, lepri, fagiani;
1-0-2/0	volpi;
3/0-4/0-5/0	oche.

A causa della maggiore densità, il piombo comune, a parità di velocità iniziale, dovrebbe arrivare più distante del temperato, poichè tanto più i pallini sono piccoli e leggeri, tanto più la loro velocità diminuisce a causa della resistenza dell'aria. La deformazione dei pallini aumenta col crescere della pressione sviluppata dalla polvere; i pallini deformati tendono ad allontanarsi dalla direzione iniziale dando luogo a rosate disperse, e quindi, ai piccoli animali, conviene tirare con questi.

Poichè la superficie di una sfera cresce secondo il quadrato del

raggio, mentre il volume e di conseguenza il peso, cresce secondo il volume del raggio stesso, appare chiaro che i pallini più piccoli presentano in rapporto al peso, una superficie resistente all'aria, maggiore; altrettanto si deve dedurre, a parità di misura, per i pallini temperati comparativamente più leggeri di quelli comuni.

Aggiungerò che i pallini da tiro possono anche essere nichelati o ramati per evitare che si deformino, ma il loro prezzo naturalmente è molto alto.

I pallini temperati, grazie alla loro maggiore durezza, si deformano molto poco sotto la spinta dei gas di esplosione e soltanto a velocità molto elevate subiscono un altro genere di alterazione dovuta, per quelli che si trovano all'esterno della carica, all'usura di sfregamento contro le pareti della canna per cui risultano più o meno consumati.

CALIBRO DELLE ARMI

Molti credono che il calibro delle armi sia dato dalla misura in mm. del diametro delle canne. Ciò è un errore per cui ritengo trascrivere le dimensioni di ogni calibro dei fucili da caccia, indicando per ciascuno di essi il corrispondente *diametro esterno* in mm.

Cal. 12 = mm. 20,5
» 14 = mm. 19,25
» 16 = mm. 18,50
» 20 = mm. 17,38

Cal. 24 = mm. 16,25
» 28 = mm. 15,50
» 32 = mm. 14,25
» 36 = mm. 11,65

CAPITOLO SECONDO

BOSSOLI DA CACCIA E CAPSULE

Ora che abbiamo parlato di polveri da caccia, di pallini, di borre, di rosate, ecc., ritengo opportuno dire qualcosa sui bossoli.

Tutti i cacciatori sanno o dovrebbreo sapere che, tanto il perfetto risultato di tiro, quanto la conservazione a lungo delle armi, dipendono soprattutto da una buona cartuccia, ed una buona cartuccia deve avere un buon bossolo e una buona capsula.

Un bossolo inadatto può influire in modo decisivo su di una polvere e specialmente sul rendimento della carica di lancio, così come se questa fosse aumentata o ridotta sino al 20% del suo peso. Inoltre specialmente le sfuggite di gas causate da bossoli non buoni o non adatti all'arma o alla polvere, possono arrecare seri guai al fucile e qualche volta al tiratore stesso, per cui, mi permetto consigliare ai tiratori e ai cacciatori di scegliere un buon bossolo adatto sia alla polvere che al fucile.

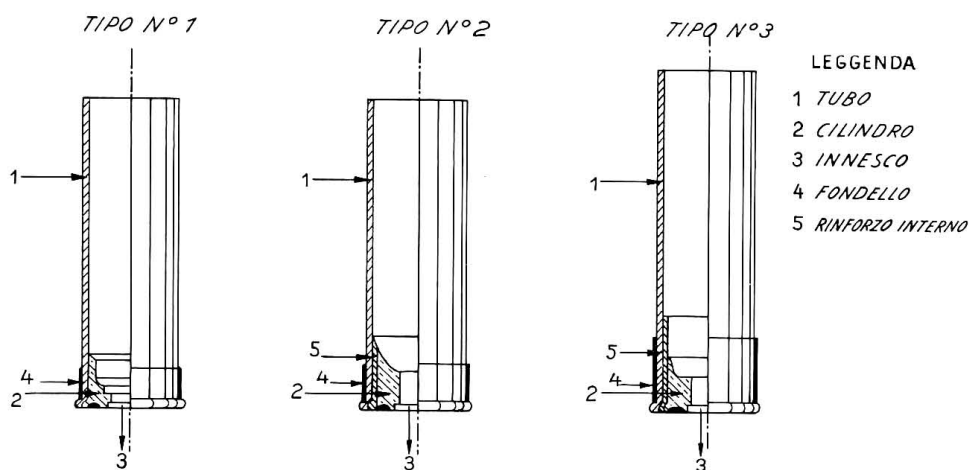



FIG. 180 - Bossoli da caccia.

Forse non molti sono al corrente di tutta la lavorazione che implica un buon bossolo e quindi, in breve, cercherò di spiegarlo.

Un bossolo da caccia (fig. 180) è composto da:

a) Un tubo di cartone dello spessore di circa mm. 0,7-0,8 e di diametro in funzione del calibro. Attualmente si fanno anche di plastica.

b) Un fondello di ottone o di ferro ottonato o di alluminio. Questi due ultimi metalli si sono cominciati ad adoperare appena dopo l'ultima guerra, ma l'alluminio è stato poi abbandonato per varie ragioni che non è qui il caso di enumerare, mentre ora è molto adoperato il ferro ottonato.

c) Di una capsula di ottone caricata con miscela di fulminato di mercurio o di miscela di stifnato di piombo, tetrazene ed altri composti generalmente nichelate o di ottone le quali però è bene siano sempre verniciate con gomma lacca diluita in alcool al 5-10%.

d) Di una camera di ottone o di ferro ottonato contenente la capsula e l'incudinetta a seconda dei tipi (figg. 182-183-184).

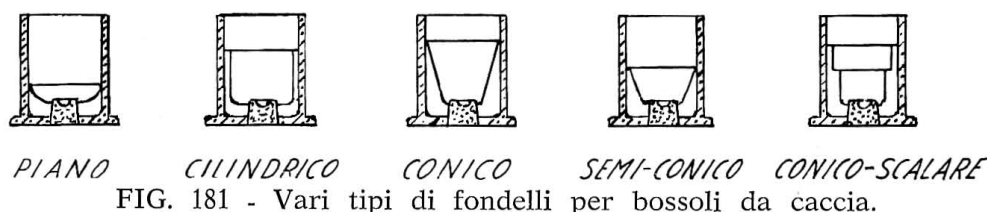



FIG. 181 - Vari tipi di fondelli per bossoli da caccia.

L'interno del fondello è costituito di un cilindro o tappo di carta non gommata sagomata a forma diversa a seconda della qualità di polvere che deve contenere (densa, voluminosa, ecc.) (fig. 181). Alcune cartucce più fini hanno anche un rinforzo interno di cartone o di lamierino. Vi sono anche cartucce tutte di metallo e cartucce tutte di plastica.

Preparazione dei tubi di cartone per il confezionamento dei bossoli.

Verifica carta - La carta per i bossoli deve essere del tipo **camoscio** e deve avere presso a poco i seguenti dati tecnici: reazione neutra; impasto chimico, ceneri non superiori all'1,5%, grammatura 125-130 gr. al mq., esente da acidi organici liberi e carica minerale, umidità non superiore al 3-4%, resistenza longitudinale Kg. 9-10 e allungamento 10-11, resistenza trasversale Kg. 4-5 e allungamento 10-13 mm.

La carta per cilindri deve avere anch'essa determinate caratteristiche che sono presso a poco le seguenti: reazione alcalina, impasto chimico, ceneri non superiori al 10%, grammatura gr. 190-200 per mq., acidi minerali assenti, carica minerale che può essere composta da gesso, umidità non superiore al 5%, resistenza longitudinale Kg. 4-6 e allungamento mm. 5-7, resistenza trasversale Kg. 3-4 e allungamento di mm. 5-7.

Smussatura della carta - Tale operazione, che viene eseguita mediante una ruota a smeriglio, consiste nel portare a zero lo spessore della carta sui bordi, in modo che sui bossoli non rimanga quasi alcun segno del bordo della carta incollata per la sua trasformazione in cartone.

Confezione tubi - Mediante apposite macchine automatiche o a mano si possono confezionare i tubi. Le macchine automatiche, dopo aver prelevato mediante svolgimento, la carta apposita da un rotolo, la incollano e per mezzo di un mandrino, l'avvolgono da 5 a 6 volte in forma di tubo. Il lavoro a mano si svolgeva arrotolando la carta intorno ad un tubo di ottone del diametro voluto.

La colla che generalmente si usa, è una soluzione di caseina con soda e borace al 5-10% circa. Nel confezionamento della colla bisogna stare molto attenti, poichè altrimenti si possono avere sorprese sia perchè si rischia di far scollare, durante l'essiccamento, i tubi, sia perchè con l'aggiunta di troppa soda, si può far scolorire la carta colorata che ricopre la cartuccia e chc viene incollata contemporaneamente al confezionamento del tubo. Il bossolo deve mantenersi morbido e solido e nello stesso tempo senza pericolo di rottura durante lo sparo.

I tubi così confezionati passano all'essiccazione e all'arieggiamento il che avviene in un apposito locale alla temperatura di 50-60°.

Quando i tubi sono asciutti, passano alla così detta stagionatura che si fa in camere con finestre aperte in modo che i bossoli possano risentire di tutti gli sbalzi di temperatura e di umidità.

Dopo almeno 8-10 giorni e non prima, vengono portati in fabbricazione per essere trasformati in bossoli. **In alcune fabbriche più moderne, l'essiccamento viene fatto in appositi essiccatoi in un termine molto più breve, ma un po' a scapito della bontà e morbidezza del bossolo.**

Interessanti sono alcuni bossoli americani che l'autore ha avuto occasione di esaminare, sempre di cartone, ma fabbricati con altri sistemi; la carta è di tipo diverso e cioè è crespata e incollata con colle o con resine speciali ripiegata diverse volte su sè stessa. Inoltre i tipi più fini sono impermeabilizzati in modo tale da resistere, cariche, come l'autore ha constatato, anche diverse ore in acqua senza subire deformazioni e sparando poi regolarmente.

Bossoli in plastica - Vengono confezionati sia in America che in Europa rispondendo bene allo scopo in quanto la polvere rimane ben protetta dall'umidità. Essi però hanno l'inconveniente del ricaricamento non facile, mentre quelli di cartoncino si possono ricaricare più volte. Hanno uno spessore di circa 1 mm.

FABBRICAZIONE DEL BOSSOLO DELLA CARTUCCIA DA CACCIA IN CARTONE E DESCRIZIONE DEI VARI TIPI DI CARTUCCE

I tubi di cartone, dopo i trattamenti sopra descritti, vengono messi a girare in una specie di botte con una leggera quantità di polvere di sapone, indi passati *alla calibratura e lucidatura* a mano o a macchina e quindi alla tagliatura dei tubi in tubetti della lunghezza richiesta e *all'accoppiamento dei tubetti col rinforzo dei fondelli e dei tappi.*

Il rinforzo del fondello non si fa in tutte le cartucce, ma soltanto per quelle più fini. Tale rinforzo consiste in un altro tubetto o di metallo dell'altezza di mm. 19-20 o di cartone dell'altezza di mm. 26-27 che viene infilato sul fondo della cartuccia insieme al tappo che, come già detto, non è altro che un rotolino di carta non gommata.

Si passa quindi all'accoppiamento del tubo col fondello e alla stampa della cartuccia che consiste nella sagomatura interna del tappo

e cilindro (fig. 181) mediante una pressa. La sagomatura varia a seconda della qualità della polvere che dovrà contenere il bossolo e precisamente:

Conico per polveri dense.

Semiconico o forma sferica per polveri granulari.

Piano per polveri extra voluminose.

Oltre a queste tre forme principali ve ne sono altre che non sono che variazioni alle precedenti e che sono: il conico scalare, il parabolico cilindrico, ecc. Le forme variano anche a seconda delle fabbriche e del gusto dei cacciatori. Generalmente la macchina che fa l'accoppiamento e la stampa, fa pure la sagomatura del bordo del fondello e l'alloggiamento per l'innesco.

A questo punto si passa *all'incapsulamento del bossolo*. Questa operazione è fatta da una macchina che introduce le capsule nell'alloggiamento per l'innesco.

Tali capsule, che possono prendere denominazioni diverse a seconda delle ditte fabbricanti, sono di tre tipi:

1) **Capsule 6,45 per cartucce comuni** (fig. 182).

2) **Capsule tipo scoperto per cartucce fini** (fig. 183).

3) **Capsule coperte per cartucce fini rinforzate e per automatici** (fig. 184).

Le capsule 6,45 sono usate nelle cartucce comuni e malgrado possano dare, se non ben fabbricate, qualche leggero inconveniente (fuoruscita di gas, possibile rottura della pasticca di esplosivo con conseguente penetrazione della miscela in essa contenuta nella polvere da caccia), sono ancora le più usate e le più economiche. La miscela che può cambiare da ditta a ditta, è presso a poco la seguente:

Fulminato di mercurio	18-20%
Clorato di potassio	42-40%
Solfuro di antimonio	40-40%

per le capsule al fulminato di mercurio a 2 o 3 fori vampa.

Per le capsule allo stifnato invece, come già visto a pag. 484 e seguenti,

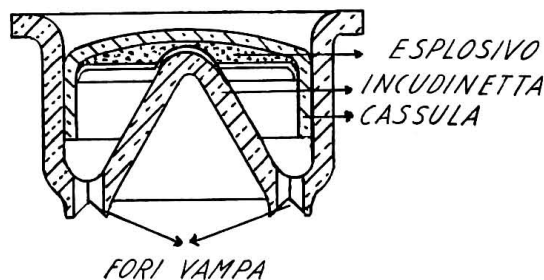



FIG. 182

Capsula 6.45 a due fori.

FIG. 183

Capsula tipo scoperto per cartucce fini (unifocale).

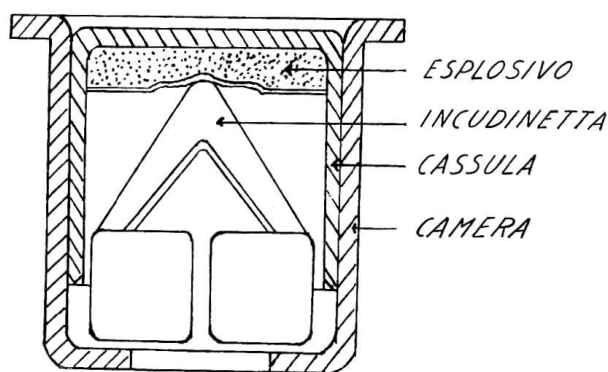
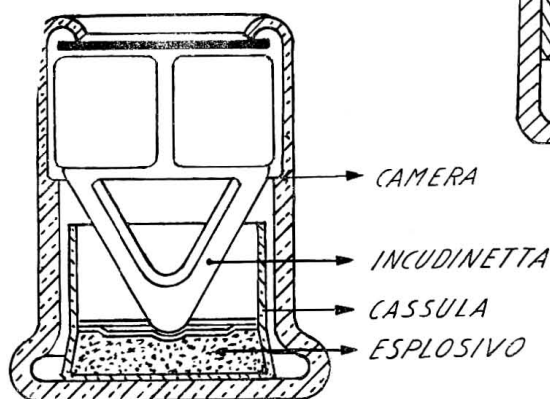



FIG. 184

Capsula coperta per cartucce fini rinforzate e per automatici (unifocale).

è formata dai seguenti composti: Stifnato di piombo, solfuro di antimonio, siliciuro di calcio, biossido di piombo, nitrato di bario, tetrazene.

Le capsule tipo scoperto per cartucce fini, come si vede dalla figura 183 sono fatte diversamente dalle 6,45 e cioè sono composte di un piccolo cilindro di ottone in cui viene messa un'incudinetta pure di ottone sulla quale va ad appoggiarsi la miscela contenuta in una capsulina. Tale miscela naturalmente è più forte sia perchè è più ricca di fulminato o di stifnato, sia perchè in maggior quantità della 6,45.

Il terzo tipo di capsula detta coperta (fig. 184) per cartucce fini rinforzate per fucili automatici è più forte delle altre due.

Occorre tener presente che per qualsiasi tipo di polvere, dall'adoperare le capsule 6,45 alle coperte, la pressione tende ad aumentare raggiungendo anche 300 Atm. in più.

Coi due ultimi tipi di capsule i colpi sono molto più regolari in quanto non vi è pericolo che si rompa la miscela in esse contenuta e che le polveri, specialmente granulari, possano penetrare nelle capsule provocando colpi anomali. Le ultime sono dette anche « *capsule a doppia forza* ».

Tra le capsule 6,45, coperte e scoperte si possono annoverare, come detto, anche quelle antiruggine o inossidabili delle quali si è già parlato, che, all'effetto della potenza, equivalgono a quelle al fulminato.

Le cartucce per fucili automatici si distinguono dalle altre per avere il fondello con una leggera scanalatura tutta all'intorno; inoltre generalmente sono rafforzate col tubetto di lamierino o di cartone.

Onde far risaltare l'importanza delle capsule dirò che vi sono polveri così suscettibili all'innesco da riuscire, in certe circostanze, anche pericolose.

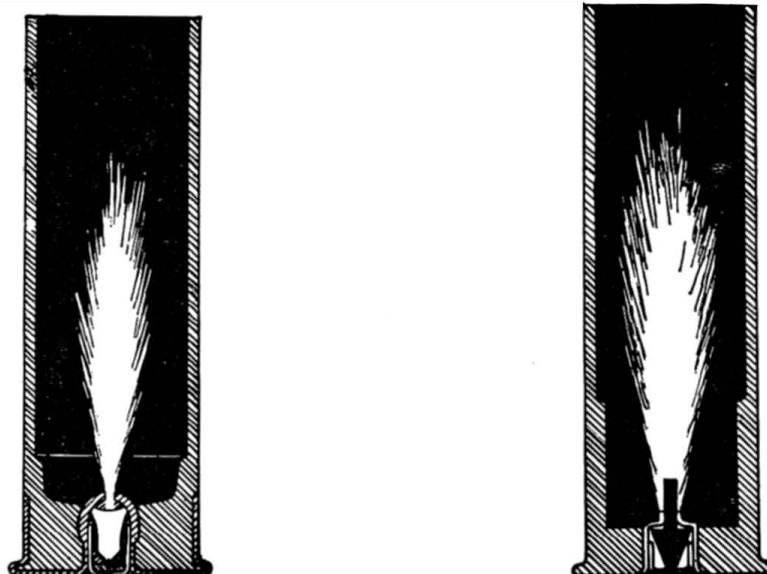



FIG. 185 - Vampe sviluppate da due capsule di forza diversa.

A ciò che ho già scritto sulle capsule aggiungerò che una capsula veramente buona deve assicurare un dardo di fuoco relativamente potente, calorifico e penetrante che naturalmente oltre ad essere in rapporto alla composizione e alla quantità della miscela fulminante, è in rapporto pure col numero e il diametro dei fori di uscita o *fori vampa*. Infatti noi abbiamo capsule a un foro (coperte e scoperte), a due e a tre fori (6,45). La fig. 185 riporta la vampa sviluppata da due capsule di diversa forza innescate in cartucce da caccia.

A tale proposito sono state fatte numerose esperienze specialmente in America onde indagare sul comportamento funzionale di molti tipi di capsule.

Mediante uno speciale apparecchio sul tipo di quello della fig. 137, sono state fotografate le vampe di alcune caspule in cui si vede l'immagine esatta delle fiamme uscenti dai fori vampa.

I dardi o fiamme migliori, in genere sono quelli che hanno andamenti rettilinei e ben definiti senza eccessive diffusioni o aloni di efficacia incerta.

Oltre ai dardi vengono attentamente considerate le loro lunghezze in quanto più un dardo di fuoco è lungo e meglio incendia la polvere. In alcuni stati, taluni usano persino stabilire una scala di efficacia degli inneschi ricorrendo a questo criterio semi empirico che però va inteso nel suo significato generico e approssimativo.

Così una capsula è considerata debole, quando il dardo di fuoco non è maggiore del doppio dell'involucro o poco più.

Le capsule di media potenza sarebbero quelle che danno dardi 4 o 5 volte maggiori dell'altezza dell'involucro.

Lunghezze maggiori di fuoco dovrebbero essere quelle delle capsule più potenti.

FIG. 186 FIG. 187 FIG. 188

Fiammate di capsule non uniformi.

Dardo compatto con alone di una capsula mentre esplode.

Le figure 186-187-188 sono le fotografie di fiamme di tre miscele in capsule unifocali scoperte caricate allo stifnato di piombo. Analizzando queste fotografie noi possiamo dedurre che le figg. 186 e 187 mostrano una dispersione di particelle incandescenti chiaramente visibili, per cui la fiammata non risulta uniforme, mentre la fig. 188 pur presentando un vistoso alone luminoso, mostra un dardo compatto e perciò di maggiore efficacia.

I vari componenti come già accennato precedentemente, se non sono miscelati perfettamente, si incendiano in maniera non uniforme dando luogo alla diffusione di particelle incandescenti rappresentate dai tratti luminosi filiformi che, dotate di velocità diverse e percorrendo traiettorie irregolari, determinano una accensione non uniforme della carica di polvere.

Collaudo della capsula - Prima di fare l'operazione dell'incapsulamento, come già detto antecedentemente, le capsule possono essere provate già accoppiate, con **una berta** (fig. 135). Invece della « berta » si può adoperare il così detto « pendolo balistico » (fig. 136). Questa prova che integra quella della fabbricazione delle capsule, viene eseguita perchè, nell'accoppiamento, potrebbe darsi che, per qualche motivo la pastiglia dell'esplosivo si sgretolasse o si deformasse e quindi non fosse più efficiente.

A questo punto il bossolo viene passato allo **stampaggio della marca della polvere o dell'armaiolo che la ordina.** Molte fabbriche, per risparmiare tempo, preferiscono fare questa operazione addirittura sul tubo e poi tagliarlo nella lunghezza desiderata.

Il bossolo così finito ha ancora bisogno della **visita oculare** per scartare quelli aventi difetti. Durante tale operazione si fa anche lo scatolamento.

TIPI DI CARTUCCE FABBRICATE E LAVORAZIONE DEI SINGOLI FONDELLI

Quasi tutte le fabbriche di cartucce lavorano generalmente tre tipi di cartucce e precisamente i seguenti (fig. 180):

Cartuccia N. 1 - In questo tipo l'altezza del fondello è di mm. 8 e la capsula del tipo 6,45. Si fabbrica nei seguenti calibri:

4, 8, 10 nella lunghezza di mm. 100 esclusivamente per spingarde;

12-14-16-20-24-28 nella lunghezza di mm. 65 per cartucce correnti sempre con capsula 6,45;

32-36 nella lunghezza di mm. 60 con capsula tipo 5,45 più piccolo della 6,45 ma costruita nello stesso modo.

Lavorazione del fondello di ottone - Per dare un'idea approssimativa della lavorazione della cartuccia da caccia, ritengo opportuno descrivere brevemente la lavorazione del fondello di ottone, (anche se ora come vedremo più avanti, viene impiegato il ferro ottonato) che, secondo la mia esperienza, è una delle più delicate e che si compie attraverso le seguenti operazioni:

a) Stozzatura della bandella;
b) Borlonamento ed asciugamento con segatura in botte;
c) Marcatura del calibro, del nome della ditta e foro per l'alloggiameno dell'innesco;
d) Ricottura in apposito forno;
e) Decapaggio in ac. solforico e lavaggio in acqua corrente;
f) Asciugamento a caldo;
g) Lucidatura in botte con segatura sempre esente da materie resinose.

Tutte queste operazioni devono essere fatte con la massima attenzione poichè, da quanto mi detta l'esperienza di alcuni anni in una fabbrica di cartucce da caccia, si incorre nel pericolo dell'incrinatura e dell'ossidazione del fondello. L'ottone, come si sa, è molto soggetto al fenomeno delle così dette « **tensioni interne** » nel senso che se non è ricotto alla dovuta temperatura (600-620°) e se le operazioni non vengono eseguite secondo quel dato modo, dopo un po' di tempo, anche se non è a contatto con agenti chimici che lo intacchino, come ad esempio esalazioni ammoniacali anche provenienti da gabinetti posti nelle vicinanze, o si crepa, (per cui si rischia di trovare i fondelli o le capsule rotte o incrinate), o, allo sparo, si ha il rigonfiamento del fondello o la fuoruscita della capsula o del gas. Ora alcune macchine moderne riducono alcune fasi lavorative sopra citate.

Cartuccia N. 2 - L'altezza del fondello è di mm. 9 e la capsula generalmente del tipo coperto rinforzato. Si fabbrica nei seguenti calibri:

12 e 16. Le cartucce di questo tipo sono chiamate anche cartucce per fucile automatico o rinforzate. Il cal. 12 si fabbrica in tre lunghezze: 65, 67, 70 mm. Il cal. 16 generalmente soltanto nella lunghezza di 65 mm.

La lavorazione del fondello di ottone è identica alla precedente.

Cartuccia N. 3 - L'altezza del fondello è di mm. 16 e la capsula del tipo rinforzato coperto e scoperto. Si fabbrica nei seguenti calibri:

12-16-20-24-28 e le cartucce di questo tipo sono tutte rinforzate.

Lavorazione del fondello di ottone - Per la cartuccia del N. 3 è ancora più lunga della precedente. Il tipo di bandella è uguale a quella del N. 1 e 2, ma è sottoposta alle seguenti operazioni:

a) Stozzatura;
b) N. 3 ricotture con relativi decapaggi;
c) N. 3 asciugature e borlonature;
d) N. 2 trafilature.

Tutte queste operazioni devono essere fatte molto bene anche per evitare, oltre agli inconvenienti descritti per i fondelli N. 1, che l'ottone venga macchiato in nero o in rossiccio. Le macchie generalmente sono dovute a cattivo decapaggio o a scadente lavatura.

Come ho già accennato, i fondelli, oltre che di ottone, si possono fare anche di **alluminio** con risultato però generalmente scadente. In questo caso la lavorazione è più corta e consiste nella sola **stozzatura, pareggiamento e pulizia in tamburo con segatura.** Per le cartucce N. 3 occorre fare la **stozzatura, una prima trafilatura, una seconda trafilatura e pareggiamento e la pulitura in tamburo con segatura.**

I fondelli in ferro ottonato, ora molto usati, sono migliori e si opera nell'identico modo che per quelli di ottone con in più l'ottonatura che si fa con un rotogalvani o con appropriati bagni. Essi danno risultati soddisfacenti.

Importanza del fondello in una cartuccia - Il profilo del fondello e la capacità dello stesso, esercitano un'influenza preponderante sulle pressioni.

A titolo di esempio riporterò le medie dei risultati ottenuti con la stessa balistite sperimentale caricata in tre tipi diversi di bossoli per polveri dense, muniti di identica capsula e completati con lo stesso sistema.

Calibro 12	Bossolo N. 1	N. 2	N. 3
Polvere gr. 1,5 - Piombo gr. 32 . . .	350 Kg./cmq.	291	380
Polvere gr. 1,6 - Piombo gr. 33 . . .	370 Kg./cmq.	340	406
Polvere gr. 1,7 - Piombo gr. 34 . . .	402 Kg./cmq.	396	460

Con queste poche pagine sulle polveri da caccia e sulle cartucce da caccia, credo di aver dato un'idea di quello che sia una polvere da caccia e una cartuccia da caccia.

A tutti sono note le varie idee dei cacciatori circa le qualità delle polveri, delle cartucce e del loro caricamento. Credo di aver anche in parte dimostrato che certe idee dei cacciatori che ai profani possono sembrare « fisime », hanno invece un certo fondamento. Con questo non intendo assolutamente prendere la difesa di certi cacciatori i quali, per giustificare le loro « padelle », incolpano le polveri, le cartucce, le dosi, la temperatura, l'umidità, ecc., poichè occorre che questi tali tengano presente che un individuo, nella caccia, come in qualsiasi altro sport, non tutti i giorni ha la stessa prontezza di riflessi, la stessa resistenza, e il sistema nervoso perfetto.

Quindi, prima di dire che la tal polvere o la tale cartuccia o la tal capsula non va bene, bisogna che il cacciatore, oltre che a controllare bene il suo fucile e cioè le canne, il calcio, il grilletto, ecc. si ricordi il famoso detto di Socrate: « Conosci te stesso ».

PARTE UNDICESIMA

PIROTECNIA

CAPITOLO PRIMO

CENNI STORICI E COSTITUZIONE FUOCHI PIROTECNICI

Prima di affrontare, seppure in modo molto succinto questo capitolo, preferisco riferire un po' di storia su tale arte che, in parte, si ricollega ai cenni storici scritti nelle prime pagine del libro.

Nel 1500 i tecnologi usarono il nome di « Pirotecnia » da πυρός = fuoco e τέχνη = arte, per indicare in genere le arti che ricorrono all'uso del fuoco sia per fondere metalli o minerali, sia per arroventare o cuocere i materiali in lavorazione.

Infatti il primo libro su tale argomento è del 1540 e fu stampato a Venezia da un certo Vannocchio Biringuccio sotto il titolo di « De Pirotecnia ».

Nell'uso odierno però la pirotecnia indica soltanto la tecnica delle composizioni luminose, incendiarie, detonanti, fumogene che si impiegano in guerra, in comunicazioni marittime e terrestri e negli spettacoli.

Una prima descrizione di razzi muniti di rudimentali paracadute si ha al principio del XVI secolo per cui nel 1591, a Norimberga, viene pubblicato da un certo Schmidlap il primo e vero trattato di pirotecnia dedicato a fuochi di artificio.

Per diversi secoli, i progressi in tale campo furono molto limitati, infatti i fuochi consistevano in un tubetto leggero incombustibile aperto da un solo lato in cui veniva introdotto un miscuglio a base di polvere nera che, acceso, produceva degli effetti luminosi simili a quelli di oggi. Però successivamente l'arte progredì nel senso che si ottennero effetti luminosi più potenti, con una combustione più o meno rapida a seconda della necessità e nello studio di norme di sicurezza tendente a ridurre gli infortuni.

Le miscele di fuochi artificiali o artifizi sono in genere formati dai tre composti della polvere pirica o polvere nera, la cui prima ricetta in Europa, come detto nei cenni storici degli esplosivi, pare sia stata data nel sec. XIII da Ruggero Bacone, e cioè: nitrato di potassio o di sodio, zolfo, carbone in proporzioni diverse a seconda dello scopo cui

deve servire, con aggiunta di clorati, di picrati o di nitrati e sostanze atte a produrre fiamme intensamente colorate e splendenti od altre che servono ad attivare, mantenere o moderare la combustione o a produrre fumi di colori diversi o scintillii o sibili, ecc.

Pare che in quest'arte eccellessero, ancora prima di Cristo, i Cinesi che anche ora sono annoverati tra i migliori pirotecnici del mondo per i colori che riescono a dare ai loro fuochi.

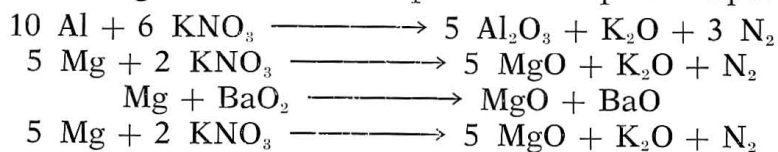
In tempi, diciamo più recenti, famosi fuochi di artificio furono *« il piroforo o fuoco greco »*, il *« fuoco feniano o fuoco lorenese »* formato da una soluzione di fosforo nel solfuro di carbonio, *« i razzi alla Congreve »* che la flotta inglese comandata da Lord Congreve lanciava sulle navi francesi ancorate nel porto di Boulogne.

Attualmente non si cercano solo composizioni infiammabili spontaneamente, ma si richiedono fiamme molto calorifiche capaci di fondere materiali coi quali vengono a contatto, tipo la « termite », della quale parleremo più avanti, la cui fiamma raggiunge la temperatura di 3000° e che fu usata in « candelotti » o « spezzoni » lanciati dagli aeroplani nell'ultima guerra sulle città per provocare incendi.

Da quel po' di esperienza che l'autore ha fatto specialmente per razzi illuminanti, racchette, bengala, ecc., egli ha potuto imparare che la pirotecnia ha bisogno di un lungo tirocinio e di molta attenzione non disgiunta da spirito di osservazione, poichè bastano piccoli errori o lavorazoni mal eseguite e cioè miscelazione scarsa, pressione non giusta, setacciamento non adeguato, legatura degli artifici insufficiente o mal eseguita, piccole distrazioni o anche prodotti non puri, per compromettere tutto il lavoro, quando addirittura non ci va di mezzo la vita.

Per ottenere effetti pirotecnici, si utilizzerà generalmente una reazione di ossido-riduzione entro un elemento ossidante che sarà il comburente e un elemento riduttore che sarà il combustibile.

In pirotecnia hanno molta importanza le polveri metalliche, specialmente alluminio e magnesio, le quali vengono ossidate con emissione di luce abbagliante secondo equazioni di questo tipo:

$$10\ Al + 6\ KNO_3 \longrightarrow 5\ Al_2O_3 + K_2O + 3\ N_2$$
$$5\ Mg + 2\ KNO_3 \longrightarrow 5\ MgO + K_2O + N_2$$
$$Mg + BaO_2 \longrightarrow MgO + BaO$$
$$5\ Mg + 2\ KNO_3 \longrightarrow 5\ MgO + K_2O + N_2$$

Gli ossidanti più impiegati sono i nitrati, clorato e perclorato di potassio, di calcio, di stronzio, di bario e i perossidi. In tal modo si ottengono, come vedremo, colorazioni verdi, rosse, gialle, violacee, ecc.

Tali miscele, come ho detto, vengono impiegate anche in campo militare per uso illuminante, per fotografie notturne in bombe e in cariche contenute in proiettili che ad un certo punto vengono da questi estromessi appese a paracadute per l'osservazione notturna.

Per la fotografia vi sono due tipi di miscele, *polverulente e compresse.*

Le polverulente danno un lampo breve e intensissimo anche di milioni di candele (flasch) e servono per fotografie istantanee.

Le compresse pure di luce intensissima, durano diversi minuti per cui l'osservazione anche oculare può essere abbastanza lunga. Sono state molto usate nell'ultima guerra.

La velocità di reazione diminuisce con l'aumento della densità, fino a raggiungere nelle **miscele traccianti,** compressioni di 2-5 Ton/cm.^{2} nei proiettili di artiglieria, le cui cariche consistono in pochi grammi di miscela che brucia in tempo variabile sui 10'' lasciando una scia visibile lungo la traiettoria del proiettile stesso onde poter essere seguito.

Tali miscele contengono sempre agglomeranti o lubrificanti per agevolare la lavorazione che è molto difficile e garantire una lunga conservazione.

Costituzione dei fuochi artificiali

I fuochi artificiali sono costituiti da un recipiente o « cartoccio » entro il quale si mette la composizione da bruciare, formata da « *polverino nero o grigio* » e cioè polvere nera ridotta in farina e corretta, o da « *polverino bianco* » composto da clorato di potassio, solfo, carbone o sostanze organiche unite ad altre sostanze che accelerano o rallentano la velocità di combustione ed atte a produrre un determinato effetto luminoso. Per iniziare la combustione occorrono o mezzi incendivi non facili da ottenere e che vedremo più avanti o più raramente capsule speciali.

Per l'allestimento dei mezzi pirotecnici si richiedono accessori particolari quali ossature di collegamento, di montaggio, governali per razzi, paracadute, spaghi trattati in modi speciali, carte particolari, colle e vernici.

Elencherò brevemente le sostanze impiegate per ottenere determinati effetti luminosi riservandomi di elencare più avanti i prodotti usati in pirotecnia, i loro effetti e i loro pericoli.

Luce rossa: nitrato e ossalato di calcio, carbonato, nitrato o ossalato di stronzio o di litio.

Luce bianca o bianca azzurrognola: antimonio crudo, magnesio o alluminio in polvere.

Luce verde: clorato o nitrato di bario.

Luce gialla: bicarbonato, cloruro, ossalato e nitrato di sodio.

Luce violetta: carbonato di rame e nitrato di stronzio in miscela.

Luce azzurra: ossicloruro e solfato di rame ammoniacale.

Per ravvivare il colore dei fuochi si adopera il calomelano e, tra

gli accessori, la colla forte, quella di amido, la gomma arabica e la colla di farina, la colofonia, la limatura di ferro, il nero fumo, il vetro solubile o silicato di sodio, ecc.

I fuochi artificiali si distinguono in due categorie: **fissi e aerei.**

I fuochi fissi sono quelli destinati a bruciare a terra e comprendono *le castagnole, le fontane, i bengala, le fiamme, gli sbruffi* e i *mortaretti.*

I fuochi aerei comprendono i *razzi, i carciofi, le granate.* Di questi i più importanti sono i *razzi,* compresi quelli antigrandine dei quali

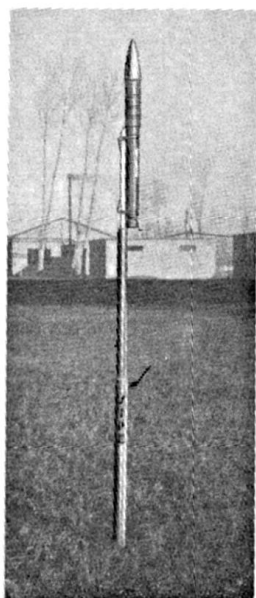
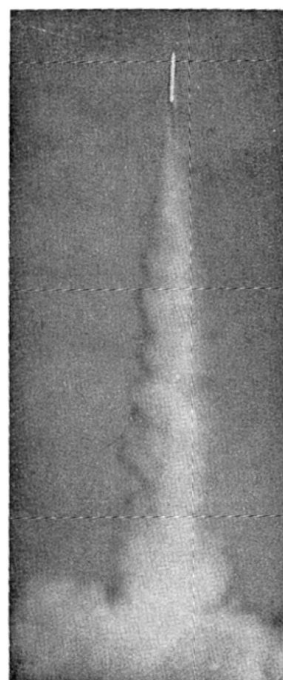
FIG. 189

Razzo antigrandine pronto per il lancio.

FIG. 190

Razzo antigrandine viaggiante verso le nuvole.

ho parlato in un apposito paragrafo (figg. 189-190) che sono formati da un involucro cilindrico di cartone o di plastica che contiene il miscuglio di propulsione formato da polvere nera. Nei razzi si distingue: *l'anima* che non è altro che un foro di forma tronco conica prodotta dalla così detta « *spina* » di ottone o di rame che attraversa circa i 2/3 della carica e dentro la quale va introdotto lo *stoppino* o miccia appositamente confezionata. Quando il razzo viene acceso, la combustione della polvere si estende attraverso lo stoppino per tutta *l'anima* formando una grande quantità di gas che, uscendo con forza dal foro sottostante, spinge in alto il razzo munito o di una bacchetta di direzione o di un governale di pesi ben stabiliti in conformità del peso

del razzo, che provvederà, col suo giusto contrappeso, a mantenere il razzo in posizione verticale.

Oltre all'anima vi è il « **massiccio** » composto dalla parte carica non forata (circa 1/3), e da uno strato di creta che divide la carica dal calice con guarnizione variabile a seconda del tipo di razzo. Inoltre abbiamo un cilindretto di cartone sottile, aderente alla parte inferiore della canna e che protegge il congegno di accensione costituito da una miccia a tempo o da una speciale capsula o da una capocchia che si accende con strofinio come i fiammiferi, la quale comunica l'accensione allo stoppino introdotto, come detto, dentro l'anima.

Appena acceso il razzo che è sempre bene mettere su un apposito sostegno, bisogna allontanarsi poichè potrebbe anche scoppiare per qualche difetto di costruzione. Il razzo, giunto ad una data altezza, o esplode semplicemente come è il caso del grandinifugo o manda fuori un paracadute con appeso un illuminante o un fumogeno a seconda dello scopo per il quale è stato costruito.

Oltre ai fuochi fissi e ai fuochi aerei, vi sono da aggiungere **i fuochi di guarnizione** che sono incorporati negli altri maggiori come le *girandole, le colombe, le fiammette, la pioggia di fuoco o cascate, i serpentelli, le stelle e i lumi a botta.*

Citerò qualcuna delle miscele pirotecniche più conosciute, qualche miscela illuminante e qualche fumogeno espresso in parti, come usano i pirotecnici, e non in %.

MISCELE A LUCI COLORATE

Componenti	Luce bianca	Rossa	Verde	Gialla	Violetta	Azzurra
Nitrato di potassio	70	—	—	60	—	—
Nitrato di bario	—	—	50	—	—	—
Nitrato di sodio	—	—	—	10	—	—
Nitrato di rame	—	—	—	—	—	25
Nitrato di stronzio	—	45	—	—	18	—
Clorato di potassio	—	30	30	—	42	50
Polverino	30	—	—	—	—	—
Carbone	—	2	6	4	—	15
Solfo	30	18	10	22	30	5
Calomelano	—	—	—	—	5	—
Solfuro di antimonio	5	6	—	—	—	—
Carbonato di rame	—	—	—	—	5	—

La moderna pirotecnia ha cercato di sostiture in parte prodotti pericolosi come clorati, solfo, limatura di zinco, vetro triturato, ambra, canfora, rame, ecc. *I setacci adoperati per polveri a base di clorati non devono essere usati per il setacciamento dei nitrati. La setacciatura dei componenti ha la massima importanza* (tab. 51).

La buona riuscita di un fuoco di artificio si deve anche alla composizione degli stoppini o micce. Ecco una composizione:

Salnitro	Kg. 3,600
Solfo	Kg. 0,650
Carbone di viti	Kg. 1,150
Destrina	Kg. 0,108

Per preparare gli stoppini o micce, basta battere bene nella « *pila* » o mortaio in legno per almeno 3 ore e mezza la polvere, che può essere anche comune polvere nera leggermente inumidita con acqua, quindi versarla in una bacinella, aggiungendo, se del caso, un po' di gomma arabica e mescolarla fino a farla diventare una pasta piuttosto liquida, immergervi del filo di cotone già preparato a quattro o a cinque fili, lasciarvelo per qualche ora, quindi estrarlo e farlo asciugare all'aria aperta disteso su telai.

BENGALA

Il bengala è costituito da un involucro di buona carta piuttosto spessa riempito con una speciale tecnica che si può trovare su libri di pirotecnia che citeremo alla fine.

Ecco alcune composizioni in parti e non in %:

Bianco comune

Salnitro	60
Solfo	20
Antimonio	12

Verde

Clorato di bario	50
Scialacca	5

Rosso

Clorato di potassio	100
Carbonato di stronzio . . .	30
Scialacca	25

Azzurro

Clorato di potassio	18
Pece	8
Verdazzurro	3

Giallo semplice

Clorato di potassio	100
Ossalato di sodio	20
Scialacca	3

Bianco al siliciuro

Nitrato di bario	72
Nitrato di potassio	35
Siliciuro di calcio	72

Rosso

Clorato di potassio	48
Nitrato di stronzio	110
Scialacca	16
Nerofumo	3

Colori a luce abbagliante

Bianco elettrico

Nitrato di bario	48
Alluminio nero	16
Zolfo	2

Giallo

Nitrato di bario 50
Alluminio nero 15
Ossalato di sodio o bicarbonato di sodio 10
Zolfo 2

Bianco a cascata per getti

Clorato di potassio 40
Scialacca 5

Alluminio nero 15
Alluminio a scaglie 10
Nitrato di bario 16

Giallo con cascata bianca

Clorato di potassio 20
Alluminio nero 10
Alluminio a scaglie 8
Ossalato di sodio 5

Altre formule per cascate

Componenti	Diametro del cilindro		al perclorato
	1 cm.	5 cm.	
Nitrato di potassio	59%	54%	—
Carbone di legna	12	13	—
Zolfo	10	10	—
Limatura di ferro	19	23	—
Perclorato di potassio	—	—	57%
Alluminio	—	—	28,5
Destrina	—	—	14,3

Segnalazioni luminose con formule di Jona

Componenti	Luci				
	gialla	rossa	verde	bianca	azzurra
Nitrato di potassio	62,8 %	—	—	60 %	—
Nitrato di bario	—	—	52,3 %	—	—
Nitrato di stronzio	—	45,7 %	—	—	—
Nitrato di sodio	9,8	—	—	—	—
Clorato di potassio	—	29,7	32,7	—	54,5
Polverino	—	—	—	15	—
Zolfo	23,6	17,2	9,8	20	—
Carbone	3,8	1,7	5,2	—	18,1
Solfuro di rame ammon. . .	—	—	—	—	27,4
Solfuro di antimonio . . .	—	5,7	—	5	—

MISCELE ILLUMINANTI COMPRESSE

Ecco delle formule sperimentate dall'autore e fabbricate:

1) | | % |
|---|---|
| Magnesio . . . | 43 |
| Nitrato di sodio | 47 |
| Legante (laminac) | 10 |

Miscela iniziatrice: miscela illuminante come la 1) accanto . 75%; polvere nera . . . 25%

Luminosità . . . . 600.000 candele
Compressione . . . . . 150 Atm.

	%
Magnesio	38
Nitrato di sodio . .	52
Legante (laminac) .	10

Miscela iniziatrice come sopra 1)

Compressione . . . . . . 150 Atm.
Luminosità . . . . 530.000 candele

	%
Magnesio	50
Nitrato di sodio . .	39,5
Calomelano . . .	0,5
Gabbropoliestere . .	10
Lupersol	0,15

Miscela iniziatrice:

Magnesio . .	35%
Nitrato di Ba .	50%
Siliciuro Ca .	10%
Gabbropolies .	5%

2)

Luminosità = 2.250.000 candele

La miscela iniziatrice deve essere adoperata nella proporzione dell'1% rispetto alla illuminante.

	%
Nitrato di sodio . .	36
Magnesio	55
Gomma lacca . . .	9

Luminosità = oltre 600.000 candele
Miscela iniziatrice = come sopra 2)

	%
Nitrato di sodio .	33
Magnesio	55
Laminac	6
Stearato di bario .	6

Luminosità = oltre 600.000 candele
Miscela iniziatrice = come sopra 2)

	%
Nitrato di bario . .	52
Alluminio	5
Magnesio	35
Ossalato di sodio . .	5,5
Olio	2,5

Miscela iniziatrice = come sopra 2)
Luminosità = 540.000 candele

Tutte queste miscele sono state pressate a 150 Atm. in tubi di cartone in tre volte, onde avere una densità costante e quindi una luminosità e durata omogenea. *La miscela iniziatrice,* come dice la parola, serve per incendiare l'altra miscela che, data la sua alta densità, non è semplice incendiare con altri metodi.

MISCELE FUMOGENE

Sono usate molto in guerra e producono fumi anche colorati più o meno densi in base a determinate reazioni chimiche.

Uno dei più energici fumogeni, anche se molto pericoloso poichè all'aria si incendia con moltissima facilità, è il *fosforo bianco* che si combina facilmente con l'ossigeno dell'aria trasformandosi in anidride fosforica con formazione di una nebbia persistente e molto densa secondo la reazione:

$$4\ Ph + 5\ O_2 \longrightarrow 2\ Ph_2O_5$$

L'anidride fosforica a sua volta reagisce con l'umidità dell'aria formando ac. fosforico:

$$Ph_2O_5 + 3\ H_2O \longrightarrow 2\ H_3PhO_4$$

Da una parte di fosforo si ottengono 3,16 in peso di nebbia.

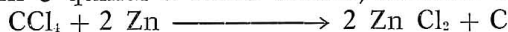
Il fosforo bianco, appunto in considerazione della sua pericolosità, ormai non è più adoperato e ad esso viene sostituito *l'esacloretano,* il quale in miscela con zinco, non ha mai dato luogo ad inconvenienti, conservandosi, da prove fatte dall'autore, anche per molto tempo inalterato.

Oltre al fosforo bianco e all'esacloretano, come fumogeni, si possono annoverare il *tricloruro di arsenico* per proiettili fumogeni, *il pentacloruro di antimonio,* il *tetracloruro di silicio,* il *tetracloruro di stagno* e *di titanio,* l'*anidride solforica,* l'*acido clorosolfonico,* l'*antracene* e *il tetracloruro di carbonio.*

Durante la prima guerra mondiale è stata adoperata con buon successo la **Miscela Berger** formata da:

	%
Zinco	25
Tetracloruro di carbonio	50
Ossido di zinco	20
Farina fossile	5

impastandola in modo da ottenere candele fumogene che bruciando davano origine a cloruro di Zn e quindi a fumo bianco, secondo la reazione:

$$CCl_4 + 2\ Zn \longrightarrow 2\ Zn\ Cl_2 + C$$

Una miscela fumogena americana è la seguente:

Zinco	34,6
Tetracloruro di carbonio	40,8
Clorato di sodio	9,3
Cloruro di ammonio	7
Carbonato di magnesio	8

Ed ora ecco alcune miscele fumogene a colori a base di esacloretano.

Bianche

	%
Esacloretano	50
Zinco in polvere	25
Ossido di zinco	20
Farina fossile	5

	%
Tetracloruro di carbonio	50
Zinco in polvere	25
Ossido di zinco	20
Farina fossile	5

Nere

	%	%
Magnesio in polvere	20	20
Esacloretano	50	60
Antracene	15	—
Naftalina	15	20

Rosse

	%	%	%
Esacloretano	30	—	—
Rodamina	34	39	70
Clorato di potassio	18	29	15
Lattosio	14	32	25
Carbonato di magnesio	4	—	—

Verdi

	%
Esacloretano	31
Verde malachite	35
Clorato di potassio	16
Lattosio	14
Carbonato di magnesio	4

	%	%
Giallo auramina	15	11,7
Indaco	26	—
Clorato di potassio	33	25,9
Lattosio	26	—
1-4 di p-toluidinoantrachinone	—	28,3
Bicarbonato di sodio	—	24
Zolfo	—	10,1

Gialle

	%	%
Crisoidina	30	9
Giallo auramina	10	34
Clorato di potassio	35	33
Lattosio	25	24

Arancioni

	%
Esacloretano	20
Auramina	14
Rosso di paranitroanilina	23
Clorato di potassio	25
Carbonato di magnesio	4
Lattosio	14

Viola

	%
1 metilaminoantrachinone	18
1-4 diamino 2-3 diidroantrachinone	26
Bicarbonato di sodio	14
Clorato di potassio	30,2
Zolfo	11,8

Azzurre

	%	%
Indaco	50	40
Clorato di potassio	30	25
Lattosio	20	15
Bleu di metilene	—	20

Miscela innescante per fumogeni

	%
Nitrato di potassio	61
Arsenico rosso	17,5
Gomma arabica	4
Zolfo	17,5

Miscele per stelle

	%	%	%
Nitrato di sodio	74	56	—
Zolfo	8	21	—
Alluminio	18	—	—
Carbone di legna	—	14	—
Bicarbonato di sodio	—	4,5	—
Solfato di stronzio	—	4,5	—

Nitrato di bario . . .	— - — - 50
Clorato di potassio . .	— - — - 35
Gomma lacca	— - — - 15

Miscela per segnalazioni di pericolo

	% - %
Clorato di potassio	67 - 70
Carbonato di stronzio . . .	22 - 15
Gomma lacca	11 - 15

Ecco alcune composizioni francesi e italiane per usi diversi:

Illuminanti

	%
Nitrato di sodio	60
Alluminio	40
Perclorato di potassio	60
Magnesio	40
Nitrato di bario	68
Magnesio	32

	% - %
Nitrato di bario	75 - 63
Magnesio	21 - —
Legante	4 - —
Alluminio	— - 27
Zolfo	— - 10

Traccianti

	%
Nitrato di stronzio	69
Magnesio	25
Legante	6

	%
Nitrato di bario	55
Magnesio	35
Legante	10

	%
Clorato di K	58
Scialacca	20
Carbonato Stronzio	22

I traccianti sono difficilissimi da farsi e, come abbiamo detto prima, occorre sottoporli a pressioni fortissime di 2-5 Ton/cm^2. Citerò anche le seguenti miscele:

Miscele di ignizione per traccianti tedeschi

	% - %
Zirconio	13 - 52
Nitrato di potassio	12 - 48
Polvere nera	75 - —

Miscele intermedie per traccianti tedeschi

	%
Nitrato di bario	29,5
Nitrato di potassio	12
Alluminio	15,1
Zolfo	6
Polvere nera	37,4

	%
Perossido di bario	80
Alluminio	20

Miscele illuminanti per traccianti tedeschi

	%
Nitrato sodico	54,5
Magnesio	40,5
Cera sintetica (tipo L)	5

	%
Nitrato di bario	74
Alluminio	26

Per segnalazioni

	%
Clorato di bario	88
Legante	12

	%
Clorato di potassio	57
Carbonato di stronzio	25
Legante	18

Composizioni per riprendere fotografie di notte

	%
Clorato di potassio	63
Magnesio	37
Nitrato di bario	68
Magnesio	32
Ossido ferrico	75
Alluminio	25

	%
Perclorato di potassio	60
Magnesio	40
Perclorato di potassio	66
Alluminio	34

Composizioni innescanti per l'accensione (Francesi)

	%
Nitrato di potassio	75
Carbone di legna	15
Legante	10

	%
Nitrato di potassio	75
Magnesio	15
Legante	10

Composizioni fumogene francesi

	%
Tetracloruro di carbonio . . .	54
Zinco	46

	%
Esacloroetano	81
Alluminio	19

	%
Bicromato di potassio	72
Ferro	28

	%
Clorato di potassio	35
Lattosio	25
Colorante	40

Composizioni di scoppio

	%
Clorato di Potassio	70
Alluminio	30

Nitrato di potassio	55
Alluminio	10
Zolfo	35

Nitrato di Bario	64
Alluminio	20
Zolfo	16

Petardi ferroviari americani per nebbia

Perclorato di potassio . . .	6 - 12
Solfuro di antimonio	5 - 9
Zolfo	1 - 3

Sono fissati alle rotaie da un nastro di piombo; quelli italiani hanno la dimensione massima di mm. 45 e il peso di gr. 30. Il treno schiacciando l'involucro di lamierino in cui è contenuta la miscela, fa esplodere il petardo.

CAPITOLO SECONDO

PRINCIPALI MATERIE PRIME ADOPERATE IN PIROTECNIA - LORO USI E PERICOLI

Elencherò, molto brevemente, le principali materie prime adoperate in pirotecnia e i loro usi, avvertendo però che tali materie prime, devono corrispondere a speciali requisiti e che quindi devono essere acquistate presso ditte specializzate e molto serie onde non avere sorprese spiacevoli non solo nella riuscita dei fuochi, ma soprattutto per la sicurezza della propria vita e di quella degli altri.

Acido gallico - Cristalli bianchi o giallognoli, di sapore acidulo e astringente. *Viene adoperato per miscele sibilanti. Si accende facilmente miscelandolo con clorato di potassio.*

Acido picrico o trinitrofenolo - Cristalli gialli e amari. Velenoso. Deve essere sciolto in acqua bollente e asciugato in essiccatoio. Anche questo *viene adoperato nelle miscele sibilanti e per dare splendore e lucentezza ai fuochi. Non deve essere messo a contatto con metalli poichè forma i pericolosissimi picrati. E' un potente esplosivo e va impiegato con precauzione.*

Alluminio - Di colore argenteo. Va usato in polvere o in scaglie o in granelli. *Bruciando dà luce bianchissima. In polvere è pericoloso poichè s'infiamma facilmente e può esplodere. In caso di incendio usare solo sabbia o terra.*

Antimonio - Metallo grigiastro che può essere polverizzato. Deve essere perfettamente puro. Se non si trova puro, occorre purificarlo fondendolo in crogiolo mescolato a carbonato di sodio e solfuro di antimonio. Dopo raffreddamento si tolgono le scorie e si rifonde per altre due volte. *Serve per dar splendore alla fiamma.*

Arsenito di rame (verde di Scheele) - Velenoso, polvere verde amorfa, *usato per fuochi a luce azzurra.*

Biadetto - E' azzurro di Berlino o bleu di Prussia mescolato con gesso. *Si usa per miscugli azzurri.*

Bicarbonato di sodio - *E' adoperato nella preparazione di fuochi a luce gialla.*

Calomelano o cloruro mercuroso - Cristalli o polvere bianca. *Si usa per ravvivare il colore dei fuochi e, all'estero, in alcune composizioni verdi.*

Canfora - Bianca, di odore caratteristico. Facilita la soluzione della gomma lacca nell'alcool e *serve anche per rendere i fuochi più brillanti.*

Carbonato di rame - Si usa in polvere molto fine *per fuochi a luce violetta insieme a nitrato di stronzio e per fuochi a luce azzurra.*

Carbonato di stronzio - Polvere bianca *adatta per fiamme rosse.*

Carbone di legna - Si adopera carbone di vite, di quercia, di salice, di pioppo, di canapuli o loro mescolanze. Per prepararlo vi sono diversi processi. Occorre setacciarlo suddividendolo in base al grado di finezza.

Carta e cartoni - Devono essere piuttosto robusti e maneggevoli nello stesso tempo. Come carta si usa specialmente quella dei vecchi registri e, a seconda della robustezza che deve avere, si incolla in diversi strati. Ora vi sono in commercio cartoni confezionati del N. 80-90-100-110 a seconda degli usi cui devono servire.

Cera sintetica - Serve per *proteggere e conservare le miscele illuminanti.*

Clorati - Sono polverulenti e adoperati come comburenti, cedono molto ossigeno, *sono pericolosi e non vanno mai mescolati con lo zolfo.* I più usati in pirotecnia sono: **il clorato di potassio** che entra in quasi tutte le composizioni, quello **di bario** *per colorazioni verdi* e quello **di sodio** *per colorazioni gialle.*

Cloruro di ammonio - Polvere cristallina. *Viene usato all'estero al posto del calomelano. Non va mai mescolato ai clorati.*

Cloruro di polivinile - Polvere bianca che *aumenta la velocità di combustione per le luci verdi.* Occorre però adoperarlo nella misura di circa il 25% e deve essere esente da sodio.

Colla - Ne vengono usati molti tipi. I principali sono tre:

Colla di farina - Si prepara stemperando 8,5 parti di farina in acqua facendo bollire per circa 15'. In estate, onde evitare l'inacidimento, si aggiunge un po' di allume o di ac. salicilico o solfato di rame. Serve per incollare cartocci e *passafuochi* cioè tubetti di carta « Sealing » in cui si fanno passare gli stoppini per l'accensione dei fuochi.

Destrina e colla arabica - Anche queste si sciolgono in acqua e servono per dare consistenza alle paste per la confezione di stoppini, stelle, ecc. *Diminuiscono la velocità di combustione e migliorano il colore dei fuochi.*

Colofonia - *Può sostituire la gomma lacca* e si scioglie in alcool.

Fluoruro di bario - *I tedeschi l'adoperano per diminuire le scorie.*

Fosforo rosso - Viene usato solo qualche volta per giochi pirotecnici. E' una forma allotropica del fosforo bianco, non è velenoso, nè fosforescente e si incendia verso i 260°. *Lasciato un po' all'aria però brucia per cui anche questo è* pericoloso.

Fulmicotone - E' usato qualche volta *per accendere contemporaneamente più fuochi. E' molto infiammabile e quindi pericoloso.*

Gomma lacca - E' una resina prodotta dalla secrezione di un insetto chc vive in India. Si presenta sotto forme di scaglie e si scioglie in alcool. *Serve a ravvivare i colori.*

Licopodio - E' una polvere finissima gialla *che viene usata in composizioni a luce rossa.*

Limature - Sono di vari metalli: ferro, acciaio, ghisa, rame, zinco; *non devono essere mescolate tra loro e non devono essere ossidate.* Per avere grandi

scintille si adoperano sotto forma di aghi grossi, fini e in polvere. Se sono ossidate non servono, per cui occorre tenerle chiuse e in luoghi asciutti. *Si adoperano per le fontane* col nome di « filiera ».

Magnesio - E' in polvere ed è pericoloso: anche questo è facilmente ossidabile per cui si mescola generalmente con olio o stearina. *Serve per luci bianche molto vive.*

Nerofumo - *Si usa in miscele pirotecniche per luci* e qualche volta in sostituzione del carbone. E' però leggerissimo per cui è molto difficile da adoperarsi.

Nitrato di bario - Polvere bianca cristallina. *Serve per luci verdi e bianche contenenti alluminio in sostituzione del nitrato di potassio.*

Nitrato di potassio o salnitro - *Si adopera come comburente in miscele per luci e nella fabbricazione della polvere nera nella quale, aumentandolo, si diminuisce la velocità di combustione.* E' bianco cristallino e ne esistono di 4 tipi: tecnico al 98%, raffinato al 99,4%, tipo doppio raffinato al 99,9%.

Nitrato di sodio - Polvere bianca igroscopica *usata per fuochi gialli.*

Nitrato di stronzio - Cristalli bianchi, igroscopici. *Serve per luci rosse* e prima di usarlo occorre essiccarlo e conservarlo in recipienti ben chiusi.

Ossalato di sodio - Si presenta sotto forma di sale impalpabile e *serve per fuochi gialli. Bisogna usarlo secco specialmente in presenza di clorati, in quanto diversamente possono avvenire decomposizioni.*

Ossalato di stronzio - Polvere bianca. Va essiccata prima di essere adoperata e *si usa per luci rosse.*

Ossido di Magnesio - Polvere bianca amorfa. *Si adopera per moderare la velocità di combustione.*

Ossido di rame nero - *Adoperato all'estero per composizioni azzurre e viola.* Si presenta sotto forma di polvere nera-bleu.

Pece - In alcune composizioni *sostituisce lo zolfo* e serve per impeciare lo spago.

Perclorato di potassio - Polvere bianca. *Si può adoperare al posto del clorato,* ma le miscele fatte con questo sale hanno un'accensione più difficile pur dando gli stessi effetti di quelle al clorato.

Perossido di bario - E' impiegato esente da acqua, *per i traccianti e per composizioni bianche e luminose.*

Perossido di stronzio - *Anche questo è impiegato anidro per traccianti.* E' una polvere bianca e, *come tutti i perossidi, meno pericolosa in miscela.*

Picrato ammonico - E' adoperato specialmente all'estero per *ridurre i gas irritanti* per sale di spettacolo. *Per luci verdi si mescola al nitrato di bario e per luci rosse a quello di stronzio.* E' poco sensibile agli urti.

Picrato di potassio - E' sensibile agli urti e agli sfregamenti ed esplode se acceso. *E' usato in miscele sibilanti.*

Polvere nera - E' descritta nei minimi particolari a pag. 341 con tutti i caratteri e le formule per i diversi usi.

Polverino - E' detto anche farina di polvere nera che si ottiene con 6 parti di nitrato di potassio, 1 di zolfo e 1 di carbone. Il nitrato viene polverizzato a

parte quindi mescolato con carbone separatamente. In mortaio o «pila» si mescola lo zolfo col restante carbone. Quindi i due miscugli si rimescolano molto bene insieme e si ottiene così il polverino che, come abbiamo detto, serve per gli stoppini.

Scialacca - E' una resina naturale che sostituisce la gomma lacca che è più cara. E' usata specialmente il tipo rosso inglese.

Silicio - Polverulento, *usato in Germania al posto del magnesio per intensificare il colore delle fiamme.*

Siliciuro di calcio - Si adopera per economia in alcune miscele *a luce bianca, ma si ottiene una fiamma a riflessi rossastri.*

Solfato di rame - Polverizzato serve *per fiamme azzurre. Non è consigliabile mescolarlo al clorato perchè può dar luogo ad esplosioni.*

Solfato di rame ammoniacale - *E usato per luci azzurre* ed è meno pericoloso del solfato di rame.

Solfato di stronzio - *Serve per luci rosse,* ma con minori effetti del nitrato.

Solfocianuro di mercurio - Serve per preparare fuochi detti «serpenti di faraone». Bruciando lascia un residuo voluminoso.

Solfato di antimonio - Polvere grigia metallica. *E' adoperato per miscele a luce bianca e per lampi.*

Solfuro di arsenico - Vi è il **rosso** che serve per ottenere *composizioni bianche* e il **giallo** per ottenere *fumi gialli.*

Solfuro di rame nero - E' usato col calomelano per preparare composizioni azzurre e viola.

Spago - E' in commercio per i pirotecnici in matasse del N. 3 e 4 (più sottili) e in gomitoli del N. 4.

Stearina - E' usata come sostanza combustibile *in composizioni pirotecniche azzurre* e anche per preservare dall'umidità le miscele illuminanti a base di magnesio.

Tetranitrocarbazolo - Usato in Germania nell'ultima guerra *in luci verdi col clorato di bario e in miscele di accensione con alluminio e nitrato di potassio.*

Verde azzurro - Polvere amorfa verde-smeraldo usata *per luci azzurre.*

Vetro solubile o silicato di sodio o di potassio - Liquido piuttosto denso che all'aria si indurisce formando una massa vetrosa trasparente. Viene usato per rendere, mediante immersione, *i cartocci incombustibili, per proteggerli un po' dalla pioggia e per rendere incombustibili le incastellature di legname* cui sono fissati i fuochi.

Zinco - In polvere si impiega in composizioni pirotecniche e in artifici *fumogeni.* E' facilmente infiammabile.

Zirconio - Si usa in limitata quantità *nei lampi* per usi fotografici ed è molto caro.

Zolfo - In pirotecnica si usa quello ventilato. *E' bene non mescolarlo al clorato di potassio perchè pericoloso.* Si può sostituire con resine. Nelle composizioni colorate si adopera il puro mescolato a clorato, nelle composizioni

bianche si può adoperare quello più comune in quanto si usa il nitrato di potassio.

Zucchero di latte o lattosio - Si adopera in composizioni a *luce rossa* e *verde. E' una polvere bianca.*

N. B. - Molte di queste materie prime sono state ampliamente trattate parlando degli esplosivi. (Vedi indice analitico).

MATERIE PRIME PER LA COMPOSIZIONE DI FUMOGENI

Antracene - *Adoperato per miscele a fumo nero e per diminuire la velocità di combustione.*

Arsenico bianco o anidride arseniosa - Polvere bianca o grigiastra. *Adoperata per miscele a fumo giallo.* Velenosa.

Arsenico giallo - Polvere giallo oro *per miscele a fumo giallo.* Velenoso.

Bleu oltremare - Adoperata per artifici pirotecnici diurni *a nuvoletta azzurra.*

Cinabro (solfuro di mercurio) - Per artifici pirotecnici *a nuvoletta rossa.*

Crisoidina - *Per miscele fumogene gialle.*

Esacloretano - Cristalli bianchi di odore simile alla canfora. *Adoperato per miscele a fumo bianco o nero.*

Fosforo bianco - Usato in passato per *miscele fumogene bianche e incendiarie.* E' molto pericoloso.

Fosforo rosso - Usato per miscele fumogene nere e incendiarie. *Pericoloso se esposto all'aria.*

Giallo auramina - Adoperato *in miscele gialle e qualche volta verdi.*

Indaco - Adoperato *per fumogeni azzurri e verdi;* i risultati però lasciano a desiderare.

Indulina - Serve per composizioni fumogene *color porpora.*

Naftalina - Adoperata *per fumogeni neri e composizioni incendiarie.*

Nitrato sodico - E' usato per ottenere *fumi bianchi.*

Olii minerali - Si usano quelli « pesanti » per composizioni *fumogene bianche.*

Rodamina - Adoperata *per fumi rossi.*

Rosso di paranitroanilina - Usata per ottenere *fumi rossi.*

Termite - Adoperata per composizioni incendiarie. E' un miscuglio di polvere di alluminio 17%, Celluloide 20%, sesquiossido di ferro 43%, perossido di bario 11,5%, silicato di sodio 6,5%, catrame o colofonia 2% per regolare la durata della combustione. Ve ne sono però anche di più semplici. Bruciando raggiunge la temperatura di 3000° e si può pressare a 5-6000 atmosfere. Per innescarla occorre una miscela di magnesio in polvere e biossido di bario oppure 83,34 parti di biossido di bario e 16,66% di alluminio in polvere. Fu molto adoperata durante l'ultima guerra dagli americani. Si spegne soltanto, seppure a stento, con sabbia o terra; con l'acqua si ottiene l'effetto contrario.

Tetracloruro di carbonio - Usato *per composizioni fumogene bianche e nere.* Non è infiammabile.

Zinco - Usato in composizioni *fumogene bianche in polvere.*

Altre formule che possono essere interessanti sono:

TORCE PER FIACCOLE A LENTA COMBUSTIONE

Clorato di potassio	46%	—
Ossido di rame	15,5	—
Nitrato di potassio	15,5	55%
Zolfo in fiori	23	9
Solfuro di antimonio	—	27
Stearina	—	9

TORCE COMUNI (quelle con farina di legno sono a vento)

Perclorato di potassio	30	8	8	—	—
Nitrato di stronzio	23	76	69	59	67
Solfuro di rame nero	20	—	—	—	—
Calomelano	10	—	—	—	—
Zolfo	17	10	13	19	—
Clorato di potassio	—	—	—	—	18
Nitrato di potassio	—	—	—	15	—
Carbone di legna	—	—	—	3,5	—
Scialacca o resina similare	—	4	—	—	15
Farina di legno	—	—	10	3,5	—
Petrolatum o paraffina a basso punto	—	2	—	—	—

COMPOSIZIONI PER CARTUCCE MILITARI TIPO VERY FRANCESI

Stelle	Bianche		Rosse		Verdi
Alluminio	30	Clorato di K	67	Clorato Ba	85
Nitrato di bario	57	Carbonato Sr	13,5	Scialacca	12
Solfuro di antimonio	6	Ossalato Sr	13,5	Carbone	3
Criolite (fluoruro Al e Na)	6	Scialacca	16		
Olio di ricino	1				

CAPITOLO TERZO

CONCLUSIONE E CONSIDERAZIONI RIGUARDANTI LA PIROTECNIA

Molti si chiederanno il motivo per cui in questa mia seconda edizione ho aggiunto il capitolo della « Pirotecnia » scienza molto difficile e pericolosa, ma molto interessante e della quale mi sono un poco interessato qualche anno fa per artifici militari e che mi è piaciuta. Mi ci sono quindi un po' divertito e ho avuto così modo di apprezzarla ricordando anche i magnifici spettacoli pirotecnici ai quali ho assistito da ragazzo, alla sagra del paese di mia madre, Castelnuovo Scrivia, e poi a Genova in occasione di concorsi pirotecnici.

Ricorderò anche che il grande compositore musicista russo Jgor Strawinsckij, recentemente scomparso (1971) in America e sepolto a Venezia, dedicò ai fuochi di artificio una specie di poema per canto e orchestra intitolato « Fuochi di artificio » (1907).

Come i lettori avranno notato, nel II capitolo ho riportato soltanto alcune formule di diversi artifici più importanti, tralasciando quasi tutta la parte riguardante la confezione manuale dei diversi fuochi che si impara soltanto con la pratica e che da sola avrebbe avuto bisogno della stesura di un libro.

Ed ora passiamo alle considerazioni.

Quantunque in generale non si cerchi di ottenere una detonazione, il rischio della detonazione in pirotecnia è spesso presente e bisogna cercare di valutarlo. In più il pericolo di una deflagrazione intempestiva è ben lontana da essere considerata e quindi è necessario, a mio avviso, cercare di precisare la sensibilità delle composizioni alle azioni meccaniche e al calore. Ed è per questo motivo che descriverò qui appresso le principali prove cui devono essere sottoposte le miscele prima di essere adoperate.

Preciso inoltre che non è detto che tutte le miscele citate nei diversi libri funzionino regolarmente; troppi fattori possono far fallire i fuochi (la granitura dei componenti, l'omertà, anche giustificata, tra i pirotecnici, il sistema di confezionamento e molte altre cose).

Intanto dirò che le parti incendive, cioè quelle che servono a produrre l'accensione dei pezzi pirotecnici e dei loro elementi, come già accennato, hanno un'importanza grandissima pur essendo parti accessorie, in quanto, se queste non sono confezionate con la massima diligenza e accuratezza, non potranno produrre l'effetto voluto su quel dato tipo di fuoco e non garantiscono la buona accensione all'istante delle miscele anche se queste sono confezionate nelle giuste dosi.

Altra cosa importantissima che credo opportuno raccomandare a tutti i pirotecnici e specialmente ai dilettanti, *è la massima prudenza, poichè le polveri sono sempre pericolose.* Occorre tenere i laboratori sempre puliti e non ammucchiare tanti fuochi insieme. L'autore non dimenticherà mai un giorno in cui, mentre assisteva alla confezione di una miscela al fosforo rosso per segnalazioni per l'aeronautica, questa si incendiò dentro la carta che un capo operaio, per miscelarla meglio, faceva scorrere alzando e abbassando i due capi. Fortunatamente la teneva lontano dalla faccia, per cui subì soltanto piccole scottature alle mani, ma in un attimo il tavolo e quelle poche cose che vi erano sopra, presero fuoco, e il danno fu lievissimo. Ma se vi fossero stati altri artifici, cosa sarebbe accaduto?

Inoltre i pirotecnici e specialmente i dilettanti, tengano ben presente la sensibilità all'urto che varia a seconda della natura delle pareti entro cui si esercita l'urto. Con delle prove si può fortunatamente determinare il grado di sensibilità del miscuglio.

Ecco **una scala decrescente** abbastanza interessante e riportata dalla « Pirotecnia e fuochi artificiali » di A. Izzo.

Ferro contro ferro	Rame contro pietra
Ferro contro pietra	Rame contro rame
Ferro contro rame	Rame contro legno
Ferro contro alluminio	Piombo contro piombo
Ferro contro piombo	Piombo contro legno
Ferro contro legno	Legno contro legno

In tal modo si può stabilire entro e con quali materiali il miscuglio si debba manipolare per evitare che avvengano esplosioni per urto.

La sensibilità all'urto si può misurare, anche se approssimativamente, con la « *berta* » (fig. 25) adoperando gr. 0,2-0,5 di miscela.

La sensibilità al calore viene determinata o col sistema, anche se empirico descritto alla fig. 27, oppure riscaldando in un bagno di *lega di Wood fusa* che fonde a 88° e che è composta da Bismuto 7, Piombo 6, Stagno 2 parti, il miscuglio contenuto in piccole quantità (gr. 0,05-0,5) sfuso e polverizzato in un'apposita provetta di vetro e notando, con l'aiuto di un termometro immerso nel bagno, la temperatura alla quale si ha l'accensione o lo scoppio o tutti e due. Occorre che la temperatura salga di 5° ogni 1'.

TABELLA 96

RELAZIONE TRA LE APPLICAZIONI DI COMPOSIZIONI PIROTECNICHE E ALCUNE PROPRIETA'

(Da Calzia - Les substances explosives et leurs nuisances)

Applicazione delle composizioni	Effetto termico della reazione di combustione (Kcal/gr)	Volume specifico Vo dei prodotti di decomposizione (l/Kg)	Temperatura di combustione (C°)	Veloc. di comb. alla press. atm. delle componenti fortemente compresse mm/s
Illuminante . .	1,2 - 2,0	100 - 300	2000 - 2500	1 - 10
Tracciante . .	1,2 - 2,0	100 - 300	2000 - 2500	2 - 10
Da segnalazione	0,6 - 1,2	300 - 450	1200 - 2000	1 - 3
Foto illuminanti	1,7 - 3,0	50 - 100	2500 - 3500	10 - 15
Incendiarie con un ossidante .	0,8 - 3,0	0 - 300	2000 - 3500	1 - 3
Fumogene . .	0,3 - 1,0	300 - 500	400 - 1200	0,5 - 2

TABELLA 97

SENSIBILITA' ALL'IMPATTO DI ALCUNE COMPOSIZIONI PIROTECNICHE CON LA « BERTA » DI JULIUS PETERS

(Da Calzia - Les substances explosives et leurs nuisances)

	Alluminio	Magnesio	Grafite
Clorato di K	6% a 5 Kgm.	0% a 5 Kgm.	0% a 5 Kgm.
Perclorato di K	0% a 5 Kgm.	4% a 5 Kgm.	0% a 5 Kgm.
Nitrato di K	18% a 5 Kgm.	26% a 5 Kgm.	0% a 5 Kgm.

TABELLA 98

SENSIBILITA' ALLO SFREGAMENTO CON LA « BERTA » DI JULIUS PETERS

	Alluminio	Magnesio	Grafite
Clorato di K	14,7 Kgf	14,5 Kgf	0% a 36 Kgf
Perclorato di K	15,0 Kgf	16,7 Kgf	0% a 36 Kgf
Nitrato di K	0% a 36 Kgf	0% a 36 Kgf	0% a 36 Kgf

La sensibilità allo sfregamento si può determinare con una specie di pendolo simile a quello descritto alla fig. 136, ma avente un'incudine fissa in acciaio, sulla superficie della quale viene a strisciare come una scarpa metallica rivestita in legno o altro materiale, fissata all'estremità oscillante del pendolo. L'incudine ha una superficie liscia, nel mezzo della quale, in senso perpendicolare al movimento del pendolo, ha tre scannellature parallele destinate a ricevere un po' di miscuglio in esame. Si determina l'altezza minima in cm. alla quale si ha l'esplosione o l'accensione del miscuglio. Il peso della scarpa metallica varia da 1 a 20 Kg., l'altezza di caduta da m. 0,50 a m. 2.

Un'altra prova molto più semplice, ma che dà pure buoni risultati, è quella di mettere in un mortaio una piccola quantità del miscuglio e sfregarlo mediante un pestello. **Se si sente un po' di crepitio, significa che il miscuglio va trattato con molta attenzione e precauzione.**

Dopo numerosi esperimenti, Chidlovski ha potuto stabilire qualche relazione tra l'impiego di una composizione pirotecnica ed alcune sue proprietà: effetto termico della reazione di combustione (cioè il calore di combustione rapportato all'unità di massa della sostanza), volume specifico V_0 dei prodotti di decomposizione (rapportati nelle condizioni normali), temperatura di combustione (cioè la temperatura massima presa nella zona di reazione) e velocità di combustione (vedi tab. 96).

Inoltre sono state fatte delle prove di impatto e di sfregamento di alcune composizioni pirotecniche con una speciale « berta » di Julius Peters la cui descrizione e il cui funzionamento si può trovare su « Les substances explosives et leurs nuisances » di J. Calzia. Dunod. Paris (vedi tab. 97-98).

Da queste tabelle pare quindi che la sensibilità allo sfregamento delle composizioni pirotecniche può essere alta, specialmente nel caso in cui l'ossidante è un clorato o un perclorato.

Nel caso di miscele a base di nitrato di potassio, questa sensibilità è più bassa e sarebbe più bassa ancora per le miscele a base di ossido ferroso o ferrico.

La sensibilità al calore di tutte queste composizioni è generalmente alta, soprattutto quelle a base di clorato e perclorato.

Circa i riduttori, il più dannoso di tutti quelli impiegati generalmente è il fosforo e tutte le miscele che lo contengono sono estremamente sensibili. In ordine di pericolosità vengono le miscele allo zolfo, quindi quelle a base di metalli molto attivi come l'alluminio e il magnesio e infine quelli contenenti grafite.

Quindi per precisare i pericoli della manipolazione di una composizione pirotecnica, bisogna determinare se questa è suscettibile di assumere un regime esplosivo. Per ciò occorre fare delle prove come quelle sopra descritte ed altre ancora mediante calcoli.

Una miscela poco compressa è più facile a prendere fuoco e a scoppiare di una miscela compressa.

Per avere un'esplosione, inoltre è necessario che la miscela sviluppi una forte quantità di gas. Le composizioni pirotecniche che sviluppano poco gas difficilmente esplodono. Questo è il caso di una delle tante termiti formate di ossido di ferro e polvere di alluminio che sviluppano una grande quantità di calore ma senza produzione di gas per cui non scoppiano.

Concludendo, per ciò che riguarda le miscele, si può dire che il pericolo presentato nella manipolazione delle composizioni cloratate e percloratate tende a diminuire con la sostituzione di quelle nitrate. Tra queste ultime quelle a base di nitrato di sodio sono meno vivaci di quelle a base di nitrato di potassio, ma la loro maggiore igroscopicità renderà il loro impiego più difficile.

In tal modo credo di aver descritto, anche se molto succintamente, le principali miscele specialmente per usi civili e militari, i loro usi e i pericoli che esse presentano. *Raccomando ancora una volta a tutti coloro che vogliono dedicarsi a questa nobile arte che può dare anche tante soddisfazioni, di stare molto attenti, di essere prudenti, di non tenere nei locali di lavoro molto esplosivo ma di portarlo nei depositi mano mano che viene confezionato, di provare prima le miscele con la « berta », il pendolo, e con i sistemi sopra descritti. In tal modo si possono eliminare tanti disastri.*

Penso di essere stato abbastanza chiaro e per una descrizione più minuziosa speciamente per ciò che riguarda il confezionamento dei fuochi pirotecnici, consiglio di consultare i seguenti libri: « Pirotecnia e fuochi artificiali » di A. IZZO, Hoepli; A.A. CHIDLOVSKI, « Eléments de pyrotechnie » Traduction Imprimerie nat. Paris 1962; H. ELLERN, « Moderne pyrotechnics », Chemical publishing Co, New York 1961.

INDICE ANALITICO

I numeri in neretto, indicano che alla pagina indicata si è trattato l'esplosivo o l'argomento nei suoi particolari, gli altri numeri indicano le pagine nelle quali si cita l'esplosivo per altri dati o particolari che possono interessare.

Le sigle « p.d.c. » indicano le polveri da caccia.

A

B

C

F

G

M

N

O

P

R

S

T

U

V

Z

X

W

INDICE DELLE TABELLE

INDICE DEI DIAGRAMMI

INDICE DELLE FIGURE

BIBLIOGRAFIA

A

ABEL, *Les agents explosifs applichés dans l'industrie,* trad. Richard, Paris, Gautier-Villars 1881.
AMALDI-FERMI, *Alchimia del tempo nostro.* Milano, Hoepli, 1943.
AMATURO, *Lezioni di esplosivi.* Torino, Schioppo, 1928.
AMIABLE, *L'art de la sécurité dans l'industrie des substances explosives. École de perfectionament des officiers de reserve des poudres.* Paris 1966.
ANANOF, *La fusée de guerre.* 1934.
AUGERAND G., *Étude comparative de la suscectibilité des explosifs et des compositons d'amorcage vis-a vis des decharges electrostatiques. Ateliers de construction de Tarbes.* 1960.
Anglo american conncil on productivity, (ammunition, productivity team report 48), U.S. office of technical services, Washington D.C. (1953).
ANONIMO, *Chemical fuel still best for long-range rockets.* Chem. Eng. news, 1951.
Atlas Copco. Stocholm-Manual on rock blasting. 1959.

B

B. DE VARINE-BOHAN, *Cours sur la fabrication des poudres noires.* École Nat. Sup. des poudres, Paris, 1951.
BEBIE, *Manual of explosives. military pyrotecs and chemical Warfare agents.* The Mac Millan Co. New York, 1943.
BELGRANO, *Gli esplosivi.* Hoepli, Milano, 1952.
BENASSI G., *Diana.* 1936.
BENASSI G., *Il cacciatore italiano.* 1964.
BEYLING C. e DREKOFF, *Sprengstoffe und Zundmittel.* Berlin Springer, 1936.
BERGER J. S., JOIGUEAU, FAUQUIGNON C., *Les ondes de detonation.* Colloque international du C.N.R.S. n. 109. Gif sur Yvette, 1961.
BERGER-VIARD, *Physique des explosives solides.* Dunod, Paris, 1962.
BERTHELOT, *Sur la force des matières explosives.* Paris, Gautiers-Villars, 1883.
BIANCHI G., *Nozioni fondamentali sulla teoria degli esplosivi.* Torino, Pasta, 1911.
BIGNOTTI C., *Le nitrocellulose.* Firenze Cya, 1956.
BRANDIMARTE E., *I propellenti per motori a reazione.* Rivista marittima, ottobre, 1949.
BLANDIN J., *Les explosifs nitrates.* École Nat. Sup. des Poudres, Paris 1964.
BROCK, *Pirotechnies, the history and art of firework making.* London, 1922.
BRUNSWING, *Explosivstoffe.* Leipzig, Bart. 1923.
BUISSON, *Le problème des poudres.* Paris, 1931.

C

C. GIORGIO, *Tecnica degli esplosivi e Impiego degli esplosivi.* Biblioteca tecnica Del Bianco, Udine, 1967.
CALZIA, *Les substances explosives et leurs nuisances.* Dunod, Paris, 1969.

CALZIA, J. S. MAILLER, *Recueil de modes opératoires codifiés des épreuves de substances explosives.* Lab. de la Comm. des Subst. expl. Sevran 1967, Note n. 333.
CAMPBELL A. W., MALIS M. E., BOYD T. J., HULL J. A., *Second O.N.R.* Symposium on detonation, Washington, 1955.
CAPRIO C., *Corso di esplosivi.* Scuola Salesiana del libro, Vol. I e II, Roma, 1948-1949.
CASTELFRANCHI G., MALATESTA P., *Lezioni sugli esplosivi parte I e II.* Ed. Studium, Roma, 1954.
CHALON, *Les explosifs modernes.* Paris et Liège, Beranger, 1911.
CHAMPION P., *La dynamite et la nitroglycerine.* Paris 1872.
CHIDLOVSKI, *Elements de pyrotechnie, Gassoudarstvennai izdatelstva abaromai promychlennosti.* Moscou 1954. Traduction Imprimerie nat., Paris, 1962.
CHOSSON J., *Cours de fabrication des poudres avec dissolvent.* École Nat. Sup. des poudres. Paris, 1960.
CLEMENT ET RIVIÈRE, *La cellulose et les éters cellulosiques.* Paris et Liège. Béranger, 1920.
CLIFT, DISCON, FEDEROFF, *A Manual for explosives laboratories in three volumes.* 1943-1944.
COCU J. M. GILTAIRE, D. SEELEMAN, *Trasmission de la détonation dex explosives de mine.* Publ. tecn. du Centre d'Études et de recherches des Charbonnages de France, 1966, n. 12.
COCU J., *Utilisation des explosifs dans l'industrie.* École Nat. Sup. des poudres, Paris 1964.
COLE R. H., *Underwater explosions.* New Jersey, Princeton Univ. Press, 1948.
Collezione legale Pirola, Esplosivi, Milano, 1956.
COLVER, *High esplosives.* London, 1919.
COOK, *The science of hig explosives.* New York, 1958.
CORSI, *Balistica venatoria.* Ed. Olimpia, Firenze 1950.
Centre de recherches pour l'industrie des produits explosies. Sterrebeek (Belgique), 1962.

D

DAVIS T. L., *The Chemistry of Powder and Explosives.* John Wiley and Sons. New York, 1943.
The chemistry of powder and explosives. New York, Wiley, 1956.
DE BRUIN, *Considerazioni critiche sui vecchi e nuovi metodi delle stabilità delle polveri.* « Rivista di artiglieria e Genio », 1927.
DE FLORENTIS, *Armi da fuoco, caccia, tiro, difesa.* Milano, Hoepli.
DESSEIGNE G., *Action de la tolite sur la stabilité de la penthrite et de l'octogéne.* Lab. central des poudres, Paris, 1949, n. 185.
DI MAIO - JONA, *Pirotecnia moderna.* Milano, Hoepli, 1930.
DUBAR J., *Proprietés et fabrication des explosives corps purs.* Cours sup. techn. d'armement et d'artillerie, Paris, 1967.

E

ECKELT AND GASSNER, *Nitrocellulose, synth. Campher. Pulver.* Leipzig, Spamer, 1926.
ESCALES, *Nitroglyzerin und Dynamit.* Leipzig, Von Veit, 1918
Die Explosivstoffe. Leipzig, Von Veit, 1905-1917.
Ammonsalpetersprenstoffe. Leipzig, Von Veit, 1909.
Esperienze sulla dinamite. Corpo zappatori del Genio, Casale, 1874.

F

FABER H. B., *Military pirotecnics.* Washington, 1919.
FANQUIGNON C., *Cours de détonique.* Cours Sup. d'armes nucléaires, Paris, 1964.
FEDOROFF B. T., AARONSON H. A., SHEFFIELD O. E., REESE E. F., CLIFT G. D., *Encyclopedia of explosives and related items.* Picatinny Arsenal, Dover, N. J., 1960.
FENOGLIO, *I razzi.* 1949.
FIESER L. F., FIESER M.,*Trattato di chimica organica.* Manfredi, Milano 1957.
FISHER, *Incendiary.* Warfare, 1946.

G

GALLIOT A., *Explosif dans les mines de charbon.* Lesourd, Paris, 1952.
GERBELLA, *Arte mineraria.* Milano, Hoepli, 1937.
GERMAN, *Pyrotechnie Industry.* 1945.

GIUA, *Chimica delle sostanze esplosive.* Milano, Hoepli, 1919.
Lezioni di esplosivi. 2 vol. Torino, Rattero, 1932-1933.
Dizionario di chimica generale e industriale. UTET, Torino, 1933.
Trattato di chimica industriale. Torino, UTET, 1959.
Le polveri senza fumo. Subalpina, Torino, 1930.
GODY L., *Traité théorique et pratique des matières explosifs.* 1896.
GRAS G. E., *Notice relative à la mise en oevre des esplosifs et de compositions d'àmorcage.* Dir. Études et Fabr. d'Armement, Paris, 1963.
Les substances explosives. Dir. Études et fabrications d'armement, Paris, 1963.
L'art de la pyrotecnie. Dir. Étude et fabrications d'armement, Paris, 1964.

H

HEISE, *Traité théorique et pratique des esplosifs destinés aux esploitants des mines et des carrières et comprenant un étude spéciale sur la question de grisou et des poussières dans les mines de charbon,* Paris, Béranger 1907.
HERCHIN M., *La fabrication des poudres moulées à double base,* École Nat. Sup. des poudres, Paris 1960.
HERMONI A., SALMON A. EIGHTH, *Symposium on Combustion.* The Williams e Wilkins Co. Baltimore, 1962.
HINO K.J., Industr. Explos. Soc. Jap. 1956.

K

KARNOJITZKI, *Les peroxydes organiques.* Hermann, Paris, 1958.
KAST-METS, *Chemische Untersuchung der Spreng-und.* Zundstoffe, 1947.
KEGLER, *Kantshukgebundene sprengstoffe, ihre Herstellung und Eigenschafer.* 36 Congrès de Chimie industrielle. Bruxelles, 1966.
KISTIAKOWSKI G.B., WILSON E.B., *Encyclopedia of Chemical Technology.* 1950.

I

IZZO A., *Gli esplosivi da mina per i lavori del genio di campagna.* Roma, Pinnarò, 1932.
Pirotecnica e fuochi artificiali. Milano Hoepli, 1950.
Manuale del minatore esplosivista. Milano Hoepli, 1953.
IOOS P., *Chargement en esplosif.* Ecol. Nat. Sup. de l'Armement, Paris, 1952.

J

JOHN, *Explosions und Verbrennung svorgänge in Gasen.* Berlin, Springer, 1939.
JOURNÉE, *Tir des fusiles de chasse.* Gauthier Villars, Paris, 1949.
JOUGUET, *Mécaniche des explosifs.* Octave Doin et fils, Paris, 1917.

L

LAMMERT, *Der schiessmeister,* Bichfeld, 1949.
LANGEFORS U., KIHLTRÖM B., *The moderne technique of Rock blasting.* Almqvist e Wilksell Stockholm, 1963.
LEHALLEUR J.P., *Traité des poudres explosifs et artifices.* Librairie J.B. Baillière, Paris, 1935.
LEROUX A., *Les explosifs d'amorçage.* École d'application des poudres, Paris, 1955.
Propriétés explosives des mélange tolite-hexogène-aluminium à l'état pâteux. Lab. de la Commission del Subst expl. Sevran, 1953.
LEROUX A., *Considérations sur la sécureté dans l'industrie des explosifs.* Poudrerie nat. de Sorgues, 1958.
LE ROY, *La flegmatisation des esplosifs.* École de perfectionnement des officiers de réserve des Poudres, Paris, 1957.
LEY, *I razzi.* 1948.
LHEURE, *La fabrication des poudres et esplosifs.* Paris, 1920.
LEWIS B. e von ELBE, *Combustion flames and explosions of gases.* New Jork Akad Pres, 1951.
LOUTION, *Cours sur la fabrication des Poudres noires.* École Nat. Sup. des Poudres, Paris, 1961.

M

MAIN, *Les explosifs. Composition, fabrication, propriétés, applications.* Paris, Gauthier, 1933.
MAIRICH, *Contributo alla teoria di esplosione.* 1936.
Manuel Bickford de l'utilisation pratique des explosifs et accessoires de mine dans leurs diverses applications. 3 ed. Éts Davey-Bickford e Cie. Rouen, 1961.
Manuali Ufficiali del Genio. Rossetti, Pavia.
MARCUCCI C., « *Diana* ». 1964.
MARSHALL, *Esplosives.* 2 Vol. London, Churchill, 1917.
MARTEL, *Les esplosives dans les mines.* Paris, Dunod, 1932.
MATIGNOR, *Traité des poudres esplosifs.*
MÉDARD M.L., *Tables thermochimiques à l'usage des tecniciens des substances explosives.* Mem. Art. Francaise, 1954.
MEYER and MARTIN, *The science of explosives and introduction to Their chemistry production and analysis.* 1943.
MILES F. D., *Cellulose nitrate.* London, Oliver-Boyd, 1955.
Military explosives. Departemente of the Army, Washington, 1955.
MOLINA, *Esplodenti.* Milano, Hoepli, 1930.
MOLINARI, *Chimica organica e inorganica.* Milano, Hoepli, 1927.
MOREAU N., *Cours sur les nitrocelluloses.* École nat. Sup. des poudres, Paris, 1957.
MUNROE e TIFFANY, *Phisical testing of explosives.* Washington, 1931.
MURAOUR H., *Poudres et explosifs.* Paris, Presse Univ., 1947.
MURER A., *Teoria chimico-fisica degli esplosivi.* Piromanometria, Torino, Viretto, 1932. *Le sostanze esplosive.* Torino, Rattero, 1932.
MURO E., *Esplosivi.* 6 Vol. Torino, Gili, 1927-1928.

N

NAOUM, *Nitroglyzerin und Nitroglyzerinsprengtoffe.* Berlin, Springer, 1924.
NATHAN *and* RINTOUL, *Nitroglicerine and its Manifacture.*
NEGRI F., « *Il fucile da caccia* ». Ed. Olimpia, Firenze, 1961.
NOBLE A., *Artillery and explosives.* London, 1906.
NOGHERA A., « *Fucili, carabine e polveri da caccia* ». Novarco ed. Milano, 1963.

O

OLSEN A.L. e GREENE J.W., *Laboratory manual of explosive chemistry.* New Jork, Miley, 1943.
O' BRIEN J.L., DAVIS R.S., *Reponse of metals to high velocity deformation.* Metallurgical Soc. Conférence vol. 9 Ester Park, Colorado, 1960.
OHART, *Element of ammunition.* 1946.

P

PALI S., « *Armieri* ». 1964.
Diana. 1955-1964.
PARROZZANI, *Gli esplosivi moderni.* Roma, 1903.
PASCAL, *Explosifs-poudre-gaz de combat.* 2. ed. Paris, Hermann, 1930.
PÉPIN J., LEHALLEUR, *Traité des poudres et artifices.* Lib. J.B. Baillière et fils, Paris, 1935.
PERROT J. e TOLCH N., *Liquid oxigen explosives.* Washington, Bureau of mines, 1932.
PIANTANIDA, *Chimica degli esplosivi e dei gas di guerra.* Livorno, Acc. Navale, 1940.
PIGNEDOLI, *La bomba atomica emmecidue.* Modena, Bérben, 1946.

Q

Quinqn. Higs explosives, Melbourne, 1912.

R

ROBINSON C.S., *Explosions.* Their anatomy and destructiveness, 1944.
REILLY J., *Explosives matches and fireworks.* New Jork, Van Nostrand, 1938.
RILEY G.G., *Westwater Mine and Quarry Eng.* 1959.
RINKENBACH W.H., SNELLING W.O., CAMERON D.R., *Encyclopedia of chemical tecnology.* 1951.

S

SARRAU, *Théorie des explosifs*. Paris, Beranger, 1895.

SEGUITI T., *Le mine nei lavori minerari e civili*. Ed. Industria Mineraria, Roma 1969.
SIMMONS R.L., BODDORFF R.D., LAWRENCE R.W.,*Fourth annual symposium on mining research*. Bull. Univ. Missouri, School of Mines and Met., 1959.
STELLINGWERFF, *Le mine*. Milano, Hoepli, 1931.
STETTBACHER, *Die Schiess-und Sprenstoffe*. Leipzig, Barth, 1919.
Spreng-und Schiesstoffe. Zurigo, Rascher, 1949.
STORM C.G., *The analysis of permissible explosives*. Washington, Bureau of mines, 1916.
SUTTERLIN, *Cours de munitions. Livre II: Phisique des explosifs*. École Nat. Sup. de l'armament, Paris, 1964.

T

TAYLOR and RINKENBACH, *Explosives, their material, constitution and analysis*. Washington, Governement Printing Office, 1925.
TRADWELL, *Trattato di chimica organica e inorganica*. Milano, Vallardi, 1929.
TAYLOR J., *Solid propellent and exotermic compositions*. G. Newnes limited, London, 1959.
TAYLOR J., *Detonation in condensed explosives*. Oxford Univ. Press., 1952.
TENNEY L. DEVIS, *Chemistry of Powder and Explosives*. 1943.
TESSIER P., *Chimie pyrotecnique ou traité pratique des feux colorés*. Paris, Bandoin, 1883.
THOENEN J.R., WINDES S.L., *Seismic effects of quarry blasting*. Bureau of Mines, Pittsburg, 1942.
TOMLINSON W.R., *Properties of explosives of military interest*. Rev. par O.E. Sheffield, Picatinny Arsenal, Dover, N.J., 1958.

U

URBANSKI T., *Sur quelques régularités observées dans les propriétés de certains mélanges explosifs*. 10 Congrès de Chimie, Rome, 1938. Traduction Mémor Artill fr. 1946. *Chemistry and technology of explosives*. Polisc Scientific Publishers, Varsovie, 1965. Traduction. Pergamon Press. Oxford.

V

VAN DOLAC, MASON, PERZAK, HAY, FORSHEY, *Explosion hazards of ammonium nitrate under fire exposure*. Bureau of Mines, Pittsburg, 1966.
VENNIN, BURLOT et LÉCORCHÉ, *Les poudres et explosifs*. Paris, Béranger, 1932.
VEROLA, *Chimie et fabrication des explosifs*. Lib. A. Colin, Paris, 1940.
VIDART A., *Cours de détonique*. Cours Sup. d'armes nucléaires, Paris, 1964.
VILLAVECCHIA, *Trattato di chimica analitica applicata*. Milano, Hoepli, 1944.
VOIGT, *Die Herstellung der Sprengstoffe*. Hall Krapp, 1913-1914.

W

WASAG, CHEMIE A.G., *Explosivstoff*. 1961.
WEICHELT, F., *Handbuch der gewerblichen Sprengtechnik Halle-Saale*. Marhold, 1949.
WEINGART, *Dictionary and manual of fireworks*. Boston, 1937.
WEISNER B., *Der verkehr mit Sprenstoffen*. Köln Berlin, Heymanns, 1951.

Z

ZSCHOKKE, *Handbuch der militärischen sprentechnik*. 1911.

RIVISTE E PERIODICI

Annales de l'Institut Tecnique du batiments et des Travaux Publics, Paris.
Atlas Copco (Svezia). *Manual on rock blasting.*
Atlas Wilmington (USA). *Hanbook of electric blasting.*
Bollettino Ass. Mineraria Subalpina, Torino.
Bulletin de la Société chimique de France, Paris.
Catalog Pobeda Gorazde, Iugoslavia.
Chemiker Zeitung, Köthen.
Chemische Zentralblatt, Leipzig.
Commercial explosives and detonating Fuse Slobodan Princip Seljo, Vitez, Jugoslavia.
Consorzio fabbricanti dinamiti (Italia). Esplosivi catalogo.
Corsi. *Quaderni di balistica venatoria.* Firenze. Editoriale Olimpia 1937.
Esplosifs. Ed. M.P. De Groot, Bruxelle.
Explosivstoffe. Erwin Barth, Mannheim.
Gazzetta chimica italiana. Roma.
Industria Mineraria. Italia.
Informator. Podjetje « Kamnic », Jugoslavia.
Inicirajuca Sredstava i pribor. UNIS, Sarajevo. Jugoslavia.
Journal of the American Chemical Society. New Jork.
La chimica e l'industria. Milano.
L'industria mineraria. F. Lega. Faenza, Roma.
Mangiarotti, Esplosivi BM. Codroipo, Italia.
Memorial de l'artillerie française. Paris.
Memorial des Poudres et Salpêtre. Paris.
Mines. Francia.
Nitroglycerin och Dynamit. Gyttorp, Sweden, 1959.
Nobel Hefte. Nobel Dynamit A.G. Troisdorf, Wasag Chemie A.G.
Quarterly of the Colorado School of Mines. USA.
Resoconti dell'industria mineraria sarda. Italia.
Revue d'Artillerie, Paris.
Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. Liège - Paris.
Rivista di artiglieria. Genio, Roma.
Zeitschr. Schiess und Sprenstoffwesen. München.
World Mining. USA.
Wasag (Germania occidentale). *Explosivstoffe.*

INDICE

PARTE SECONDA

CAPITOLO PRIMO

CAPITOLO SECONDO

CAPITOLO TERZO

CAPITOLO QUARTO

PARTE TERZA

CAPITOLO PRIMO

CAPITOLO SECONDO

CAPITOLO TERZO

CAPITOLO QUARTO

CAPITOLO QUINTO

CAPITOLO SESTO

CAPITOLO SETTIMO

CAPITOLO OTTAVO

CAPITOLO NONO

CAPITOLO DECIMO

CAPITOLO UNDICESIMO

PARTE QUARTA

CAPITOLO PRIMO

CAPITOLO SECONDO

PARTE QUINTA

CAPITOLO PRIMO

PARTE SESTA

PARTE SETTIMA

PARTE OTTAVA

CAPITOLO PRIMO

CAPITOLO SECONDO

CAPITOLO TERZO

PARTE NONA

PARTE DECIMA

PARTE UNDICESIMA

APPENDICE

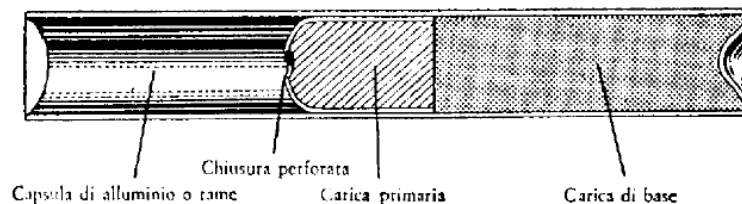
Aggiornamento sui moderni accessori da mina
Pagine tratte dal *Manuale del Fochino* di Edoardo Mori
Ed. 2012 - ilmiolibro.kataweb.it

Capitolo II - ACCESSORI DA MINA

MEZZI DA INNESCAMENTO

Hanno lo scopo di generare l'onda esplosiva iniziale che provoca l'inizio della detonazione della massa esplosiva.

Si tenga presente che molte delle nozioni che si trovano nei testi di qualche anno fa sui sistemi di accensione sono superate dal sopraggiungere di nuovi materiali o tecnologie che consentono di raggiungere livelli di sicurezza ben superiori a quelli del passato. È necessario conoscere i vecchi sistemi, utilizzabili per piccoli brillamenti o in particolari situazioni, ma occorre anche apprendere come si usano i sistemi elettrici ed elettronici.

Detonatori ordinari a fuoco (blasting caps, Sprengzünder)

Tubicini cilindrici in rame o alluminio, chiusi ad un'estremità.

Sono riempiti per quasi metà con:

- una carica primaria, g 0,4-0,5 di fulminato di mercurio (tubicino di rame) o miscela di azotidrato e stifnato di piombo (tubicino di alluminio);

- una carica secondaria, g 0,8-1 di PETN, T4 o TNT.

I detonatori vengono venduti in confezioni da 10, 25 o 100 pezzi. Devono essere estratti con precauzione, senza far uso di oggetti metallici. La parte cava, se necessario, deve essere pulita, evitando però di soffiarvi per non inumidirla o, peggio, di introdurvi chiodi.

La miccia a lenta combustione, infilata nella parte cava e ivi fissata, con il suo dardo di fiamma provoca la detonazione della carichetta primaria e dà inizio alla catena incendiva.

Immagazzinaggio: in locali asciutti e ventilati, distinti da quelli in cui sono immagazzinati gli esplosivi. Trasporto: separato dagli esplosivi.

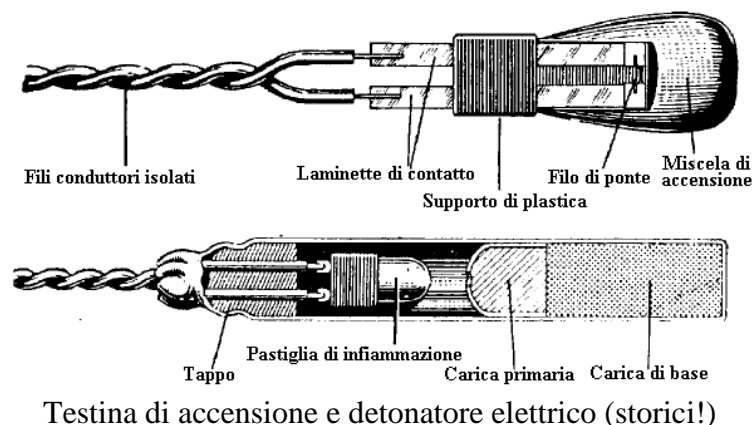
Il detonatore va infilato sulla miccia in modo che l'estremità di questa rimanga bene a contatto con il foro che conduce alla carica primaria .

Vanno bene per mine con una sola carica in cui non si richiede una esplosione sequenziale di più cariche; è possibile realizzarla con micce di diversa lunghezza, ma i tempi di intervallo non sono determinabili con esattezza il che può pregiudicare il risul-

tato globale; inoltre un'esplosione può danneggiare le micce dei fornelli vicini e dar luogo a "mine gravide". Non sono usabili in acqua (tranne che dai pescatori di frodo). Hanno il vantaggio della semplicità e rapidità di impiego e di non essere soggetti a disturbi esterni (campi elettrici, campi elettromagnetici, fulmini, correnti vaganti).

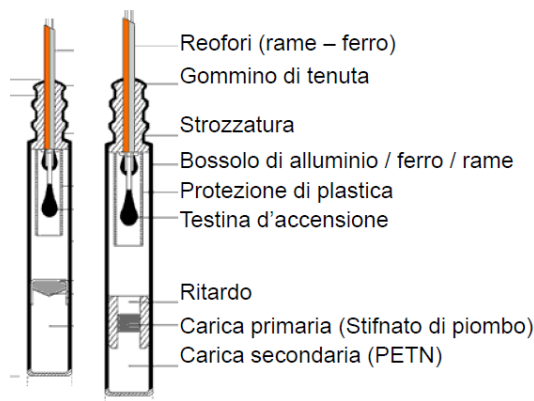
Un tempo erano in commercio con varia numerazione da 1 a 10 a seconda della potenza; attualmente si usano solo quelli "nr. 8".

Detonatori elettrici

Testina di accensione e detonatore elettrico (storici!)

Analoghi a quelli ordinari, ma dotati di una testina di accensione la cui combustione è causata da una spiralina resa incandescente da una corrente originata da un esploditore apposito. A seconda nella corrente necessaria (amperaggio) si distinguono in detonatori a intensità
- **bassa** (media di 0,75 A); sigla A
- **media** (media di 1,8 A); sigla U, colore giallo
- **elevata** (25 A) intensità; sigla HU, colore blu.

La legge antiterrorismo 31 luglio 2005 n. 155 ha di fatto vietato l'uso dei detonatori elettrici a bassa e media intensità in quando utilizzabili anche con la corrente di batterie e quindi per ordigni; perciò si usano esclusivamente detonatori ad alta intensità.
Essi possono essere istantanei o a innesco ritardato.

Detonatori elettrici

instantaneo - a innesco ritardato

da NITREX srl

Tra spiralina e carica primaria può essere interposto un ritardo pirico. Ne esistono in commercio versioni con ritardo normale frazionato a 1/2 secondo e con microritardo,

frazionato in 30 e 250 millisecondi. Ai fili conduttori è fissata una targhetta che porta la lettera B per i ritardi normali e M per i microritardi. Il costruttore indica nella confezione la resistenza della testina e dei reofori e l'intensità di corrente ottimale. Dove si teme la presenza di correnti vaganti, vengono impiegati detonatori HU, ad alta insensibilità, che richiedono energici lanci di corrente. I detonatori possono essere collegati in serie oppure in parallelo. È da evitare l'impiego di detonatori di differenti marche nella stessa volata. Controlli: integrità dei cilindretti e dei reofori (Art. 30 DPR n. 203/56).

In genere la carica primaria è di 0,3 gr di azoidrato di piombo e la carica secondaria di 0,8 gr di pentrite (PETN) o di Tetryl.

Alcuni esplosivi pulverulenti o in forma di emulsione richiedono cariche aggiuntive (Booster: hanno forma di “lattine” contenti esplosivo, che si innescano nel modo abituale.

A seconda del tipo di ritardo si distinguono:

- Detonatori istantanei senza ritardo (colore bianco);

- Detonatori a breve ritardo se il ritardo è inferiore a 100 ms; di solito è di 25 ms (colore verde);

- Detonatori a lungo ritardo se il ritardo è superiore a 120 m/s; di solito 250 ms (colore rosso);

I singoli detonatori possono avere inoltre diversi intervalli di tempo di esplosione, utilizzati specialmente in opere di demolizione controllata. Un detonatore con ritardo di 25 ms e un tempo di intervallo di grado10 esploderà in 250 ms e quindi avrò lo stesso tempo di esplosione di un detonatore da 250 ms di grado 1. Di solito i detonatori vengono venduti con tempo di intervallo da 1 a 20.

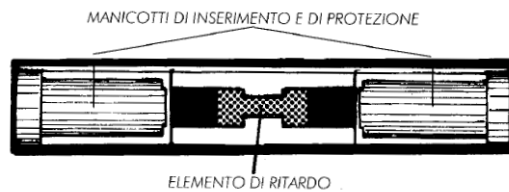
Si ricorda che per indagini sismiche i tempi di scoppio devono essere ritardati con estrema precisione.

I detonatori elettrici costano poco e sono di impiego universale, ma hanno alcuni limiti. A seconda del tipo di accenditore impiegato il numero di detonatori usabili è limitato per non superare un dato limite di resistenza elettrica; non si possono superare 52 intervalli di tempo e i 160 detonatori ad alta intensità. Anche con questi ultimi occorre fare attenzione alle correnti estranee (parassite.)

Miccia detonante (primacord, Sprengschnur)

Mentre una volta particolari micce detonanti erano di terza categoria oggi rientrano tutte nella seconda categoria TULPS.

È costituita da un'anima di PETN protetta da più strati di filati avvolti a spirale ed impermeabilizzati. Il tutto è avvolto in una guaina di materiale plastico. Viene innescata da un detonatore. Detona comunicando l'onda d'urto a più cariche distanziate. Può essere impiegata come innesco, in luogo del detonatore: vale a dire che la miccia viene inserita direttamente nella cartuccia di esplosivo, il che facilita molto eventuali operazioni di scaricamento. Viene normalmente prodotta in versione da 12 e da 15 g PETN al metro, ma sono possibili anche cariche maggiori. Oltre che come innescante, la miccia detonante può essere impiegata come carica di taglio, appoggiandola o avvolgendola semplicemente sul corpo da tranciare (piastra, tronco, lastra) e, principalmente, per il distacco blocchi di marmo da usare bell’edilizia al posto della polvere nera o del filo diamantato. Viene venduta in rotoli, collegabili direttamente per annodatura, oppure, quando occorre, con relais che assicurano ritardi di 20-50 millisecondi. Si pratica un taglio preciso nella miccia detonante; un capo si inserisce nel tratto di destra ed uno in quello

di sinistra. La chiusura viene fatta con le pinze da minatore. L'onda d'urto arrivata all'elemento di ritardo subisce uno sfasamento prima di proseguire.

Relais

Viene immagazzinata in locali asciutti e ventilati. È necessario controllare che non presenti ingrossamenti o ammaccature.

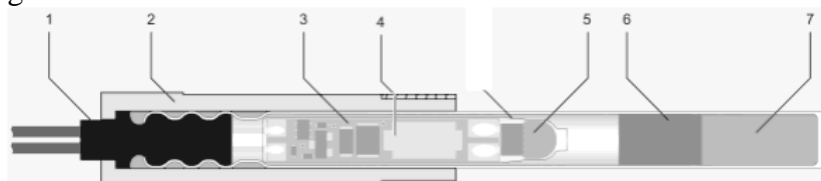
Per le giunzioni vedi figure che seguono.

Il loro limite principale è la possibilità che la miccia venga tranciata da proiezioni delle mine precedenti; sono insensibili a correnti elettriche o elettromagnetiche (ovviamente se non si innescano con un detonatore elettrico inadeguato).

Accensione elettronica

L'accensione elettronica (EBS= Electronic Blasting Systems) rappresenta la più moderna evoluzione nel settore. Un microprocessore integrato nella capsula offre una estrema precisione di temporizzazione e consente una grande flessibilità di impiego, con risparmi di ogni genere: rapidità di impiego, frammentazione ottimale della roccia, regolare discesa del materiale, limitazione delle vibrazioni, volate più ampie e risparmi di esplosivo.

Ogni capsula contiene un microchip e un condensatore. Il chip viene programmato al tempo di ritardo voluto con un apposito apparecchio; quando il circuito elettrico è pronto con un secondo apparecchio si dà corrente che carica i singoli condensatori; il chip rilascia nel tempo programmato la corrente del condensatore al singolo detonatore che contiene l'elemento che si arroventa, la carica iniziale e quella secondaria.

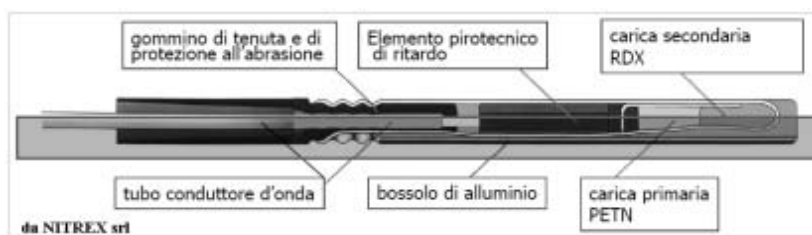
Sono più costosi degli altri per la complessità tecnica e per la necessita dei due apparecchi di regolazione e scarica. Essi possono essere usati in acqua e in presenza di correnti elettriche o elettromagnetiche, consentono tiro sequenziale fino ad 8.000 colpi, con intervallo di 1 millesimo di secondo, e usando fino a 2.000 detonatori per ogni volata. Hanno un ingombro minimo.

1 – giunto sigillante; 2 – cappellotto; 3 – chip; 4 – condensatore; 5 – elemento incandescente; 6 – carica primaria; 7 – c. secondaria.

Detonatori a tubo conduttore d'onda

Sono particolari detonatori che in Italia vengono erroneamente chiamati "detonatori ad onda urto", espressione che nulla dice perché tutti i detonatori sono basati su di un'onda d'urto. In USA ed Italia vengono chiamati anche NONEL (non-electric). Negli USA sono definiti N.P.E.D. (Non Primary Explosive Detonator); tutte espressioni poco indicative. Pare rientrino nella III cat. TULPS (1.1.B europea).

Il nome corretto è quello indicato nel titoletto, corrispondente al tedesco Zündschlauchsysteme (sistema di accensione a tubo) e all'inglese **shock tube detonator** in cui si pone in evidenza come l'onda d'urto che innesca la capsula venga originata non in una miccia ma in un tubo.
Esso venne inventato dalla svedese Dyno Nobel e messo sul mercato nel 1973. Analoghi prodotti sono chiamati è Dynashoc e Daveyquick. Sono prodotti che richiedono un apposito addestramento.

Invece di usare cavi elettrici esso impiega un robusto tubetto di plastica a tre strati rivestito all'interno di un sottile strato di sostanza esplodente (Pentrite ed altro) che, quando acceso, trasmette alla velocità di circa 2.000 m/s una robusta onda esplosiva alla carica secondaria (in sostanza è un sofisticato tipo di miccia rapida). Il tubo è lungo da 60 cm a 3 m munito all'inizio di un connettore a cui fissare detonatori, micce o altro tubi analoghi; al termine del tubo vi è un connettore ritardante che può innescare ulteriori tubi, oppure una capsula con ritardante ed esplosivo secondario (RDX, PETN). Vengono fatti esplodere con un apposito esploditore.

Essi possono essere usati in acqua e in presenza di correnti elettriche o elettromagnetiche, non vi è limite al numero di colpi tirabili in sequenza e al numero di detonatori impiegabili in una volata, sono facili da usare. Sono alquanto ingombranti.

MEZZI DI ACCENSIONE

Miccia a lenta combustione

È stata inventata nel 1831 da Bickford. Serve a portare l'accensione ad un detonatore ordinario oppure ad una carica di polvere nera, con adeguato ritardo.

È costituita da un'anima di polvere nera a granitura sottilissima, protetta da più strati di filati impermeabilizzati ed avvolta da un involucro esterno impermeabile, catramato o viplato di colore bianco o rosso. Il tempo di combustione standard è di 120 secondi al metro, che può cambiare in relazione allo stato di conservazione o di impiego (sotto pressione, anche per effetto di un borraggio molto compatto, la velocità aumenta). Perciò prima dell'impiego, è necessario tagliare un primo spezzone da 10 cm e non utilizzarlo. Ogni cento metri, occorre verificarne uno spezzone da un metro, cronometrando il tempo di combustione. Se è diverso da 120", la miccia va distrutta. La miccia viene fissata al detonatore con apposite pinze, evitando soluzioni di circostanza. In ambiente umido, quando nel fornello vi è acqua, oppure quando si procede ad intasamento con acqua, la giunzione miccia-detonatore deve essere accuratamente impermeabilizzata con nastro adesivo od altro mezzo.

La giunzione miccia-detonatore deve essere eseguita a distanza dagli esplosivi. Nel caricamento dei fornelli, lo spezzone di miccia a lenta deve innescare la carica ad almeno un metro di profondità e deve sporgere di almeno 50 cm dal foro. In caso di spari multipli, la lunghezza degli spezzoni di miccia deve consentire il controllo dei colpi esplosi. In ogni caso, la miccia deve essere usata in spezzoni di lunghezza non inferiore

al metro. Evitare la lunga esposizione al sole e la vicinanza con liquidi oleosi o solventi. Non piegare mai la miccia ad angolo acuto o a curva stretta; può interrompersi la continuità del polverino.

Per accendere la miccia si usano o pezzi della stessa miccia nera (micino) o fiammiferi antivento o l'accenditore Pirea: tubetti rigidi di miccia, color rosso mattone, lunghi circa 10 cm, che emettono un breve dardo di fiamma della durata di un minuto. Per questo servivano anche per segnalare i tempi di sicurezza in occasione di accensioni multiple.

Servono ad accendere più spezzoni di miccia a lenta combustione; temono l'umidità. Sono in via di sostituzione con accenditori a gas.

Si ricorda comunque che nell'esplosione di più cariche le micce vanno unite alla madre (innescata da un detonatore) nel senso dell'onda esplosiva; vale a dire che non basta accostare le micce come capita, ma una deve essere la prosecuzione dell'altra.

MEZZI AUSILIARI

Esploditori

La corrente di lancio deve essere fornita soltanto da esploditori appositamente progettati (caratteristiche riportate nell'art. 32 DPR n. 203/56). In sostanza sono formati da una dinamo che produce corrente continua ma non si possono usare apparecchi destinati ad altri usi. Devono essere progettati in modo da non introdurre nel circuito di sparo correnti parassite.

Ne esistono di vari tipi e potenza, che possono innescare da un minimo di 30 ad un massimo di 400 detonatori. Il controllo di efficienza deve essere eseguito ogni sei mesi, dalla ditta produttrice.

Si distinguono in esploditori a dinamo e esploditori a condensatore.

Quelli a dinamo, ormai superati, funzionano mediante il caricamento di una robusta molla che quando viene rilasciata fa girare rapidamente il rotore oppure mediante l'uso diretto della forza muscolare: una sbarra dentata che sporge dall'apparecchio viene premuta con forza verso il basso e si fa così girare una ruota dentata collegata on il rotore.

Gli esploditori a condensatore, ora usati, sono esploditori a dinamo in cui la carica viene inviata entro un condensatore o una batteria di condensatori; al momento dello sparo è sufficiente premere un tasto per rilasciare la scarica di corrente. Esistono modelli che fanno brillare 1000 mine in serie e 9000 in parallelo. Il peso di un tale tipo di arnese è di circa 15-20 Kg. Alcuni di questi esploditori hanno un misuratore di carica per evitare scariche superiori alle necessità di linea.

Nei grandi cantieri vi sono stazioni apposite di corrente a cui ci si collega per le accensioni.

Ohmetri

L'insieme dei cavi di accensione e dei detonatori elettrici collegati ad essi, formano un circuito elettrico. Se vi è una interruzione l'accensione non si verifica o sarà solo parziale; evento dannoso e pericoloso perché occorre poi provvedere a individuare e a mettere in sicurezza le mine inesplose (gravide).

Perciò si calcola quale è la resistenza teorica del circuito e poi con un ohmetro analogico o digitale che la corrente circoli e che la resistenza del circuito corrisponda a

quella teorica. Ciò dimostra che non vi sono rotture o cattivi contatti o che non ci si è dimenticati di collegare un detonatore. A quel punto si può collegare l'esploditore. Si ricorda che esiste l'obbligo di avere disponibili due ohmetri.

Siccome gli apparecchi inviano una corrente dosata nel circuito (mai superiore a 7 milliampère, ma che potrebbe provocare accensioni), è vietato impiegare ohmetri non specificamente fabbricati per lavori da mina. Come gli esploditori, devono essere controllati soltanto dalla casa produttrice.

Si ricorda nuovamente che un circuito elettrico è soggetto alla influenza di correnti estranee quali:

- correnti galvaniche per contatto di metalli diversi
- elettricità statica (attenti ai calcatoi di plastica)
- correnti vaganti e correnti indotte
- onde elettromagnetiche emanate da cellulari, linee ad alta tensione, apparecchi di trasmissione, ripetitori, ecc.
- temporali

Queste correnti possono creare correnti indotte nel circuito e quindi scintille o riscaldamento con esplosioni accidentali.

Le moderne attrezzature sono studiate per limitare al massimo questo pericoli, ma se si usa un circuito elettrico, la prudenza è d'obbligo. Prove con i cellulari hanno dimostrato che la distanza di sicurezza è di circa un metro. Maggiore attenzione occorre per i ripetitori per telefonia mobile, per radio e televisione nonché per le linee elettriche ad alta tensione aeree o sotterranee.

Avvisatori di temporali (art. 52 PDR n. 320/56)

È vietato lo sparo di mine con circuiti elettrici, anche in galleria, se sono in corso temporali entro un raggio di Km 10. Esistono in commercio apparecchi che avvisano della presenza di temporali entro il raggio voluto, con segnali acustici e luminosi. Gli apparecchi possono essere collocati all'esterno del cantiere e la segnalazione può essere portata sul fronte di scavo, in lavori in galleria.

Cavo e giunzioni

Servono a collegare i reofori dei detonatori all'esploditore. In commercio si trovano rotoli di cavo con isolazione a semplice e doppia viplatura. Le resistenze elettriche vanno da 0,02 ohm/m per reofori in rame di diametro di mm 1, a 0,42 ohm/m per reofori in ferro di diametro di mm 0,6.

Le giunzioni possono essere effettuate con nastro isolante, oppure con appositi giuntori, rapidi e sicuri. Rilevanti, le norme di cui all'art. 31 DPR n. 203/56.

Pinze di serraggio (tagliastrozza)

Pinze stringicapsule in materiale antiscintilla, utili anche per il taglio delle micce e per forare le cartucce di dinamite.

Per il serraggio, esistono pinze di sicurezza con un tamburo nel quale si introducono detonatore e miccia e che garantisce l'operatore in caso di accidentale detonazione.

IMMAGINI DI ESPLODITORI

MICKO 1 DUAL esploditore per 4 detonatori elettrici a.i. e per detonatore a tubo conduttore d'onda della Nitrex di piccole dimensioni e funzionante con comuni pile a stilo.
Seguono immagini di altri esploditori.